

Universidade de Lisboa  
Faculdade de Ciências  
Departamento de Biologia Animal



# **A influência da estrutura do habitat na actividade de morcegos em montado**

**Cíntia Marques Domingos**

Dissertação

Mestrado em Biologia da Conservação

**2013**

Universidade de Lisboa  
Faculdade de Ciências  
Departamento de Biologia Animal



# **A influência da estrutura do habitat na actividade de morcegos em montado**

**Cíntia Marques Domingos**

Dissertação

Mestrado em Biologia da Conservação

Orientadores: Professor Doutor Jorge Palmeirim (DBA/CBA)  
Doutora Ana Rainho (ICNF)

**2013**

Este estudo foi financiado pela Fundação para a Ciência e Tecnologia através do projecto PTDC/AGR-AAM/108448/2008: “Gestão de práticas agro-florestais em montados e suas implicações em morcegos e aves”.

## Agradecimentos

Ao Professor Palmeirim, por me ter aceite neste projecto, por toda a sabedoria que partilhou comigo, por me fazer sentir menos inadequada, por todos os conselhos e conversas e por querer ter acedido a ouvir o Radek Baborák a tocar o Concerto nº 3 de Mozart para trompa.

À Ana Rainho, pela infinita, inesgotável, santa paciência que teve para mim e para as minhas dúvidas biológicas, estatísticas e existenciais, ou falta delas, durante todo este ano. Obrigada por toda a ajuda e pelos abanões de que precisei.

Ao Engenheiro José Fernando da Câmara Municipal de Castelo de Vide, por sugerir que me dirigisse à Casa da Meada para realizar a amostragem de Marvão.

À Casa da Meada e a toda a equipa, em especial a Dalila, por se terem interessado pelo projecto, disponibilizado os terrenos e por me terem prontamente ajudado, facilitando imenso o processo.

À tia Rosália, ao tio Manel e ao Paulo por me darem abrigo na Escusa e por disponibilizarem a totalidade da sua garagem para o meu material de campo.

À Marta e à Paula pela ajuda no campo e por todas as sugestões.

À Jutta, for the help in the field and in the lab and all the great moments. Gotta catch'em all! Vielen, vielen Dank für alles!

A todos os que, de uma maneira ou outra me ajudaram ou disponibilizaram para tal: Honório, pelo treinamento em nós nos atacadores durante o ensaio, à Mariana pelos ansiolíticos, à Kimi, ao José, às minhas tias e prima pela leitura e sugestões, à D. Luísa por ter deixado o seu filho passar a noite na rua comigo ao frio a testar os gravadores e à minha avó Joana por toda a preocupação.

Ao meu gémeo-falso-judeu, Bruno, que deve ter passado a tarde mais aborrecida de sua vida a separar uma pasta de insectos malcheirosos.

À Natacha, pela inglória tarefa de me ajudar a contar formigas.

À Sara pela televisão e pela preocupação.

Ao Pedro, por me levar a desanuviar e pela amizade desde o início dos nossos tempos.

Ao Elói, pela música, pelas histórias, pelas divagações, pelas palavras de conforto, pelo apoio e confiança, por me perceber como ninguém percebe e por entrar em todas as brincadeiras por mais estúpidas que sejam.

À Ginny, que, no meio de todas as próprias complicações, ainda arranja vontade de me querer ajudar, ouvir e aconselhar. Obrigada pelas chapadas de realidade e palavras sábias. Lamento a pouca disponibilidade que tive para ti durante este ano.

À Carolina, que tornou a identificação dos insectos tão mais rápida, separando ‘as traças’ dos ‘outros’ (não me esqueci do teu certificado de participação), por ouvir todas as minhas reclamações e desabafos, pelas (psico)análises e conselhos e pelas sugestões, apesar de não saber nada de biologia. :p

Ao Ricardo, aquele que mais me atura, quer eu esteja feliz, triste ou furiosa da vida. Obrigada por estares sempre lá, pela noite ao relento à procura de morcegos, pelos *photo-nices*, pelas distrações e parvoíces, mas, sobretudo, pela companhia e amizade muito especial.

À minha progenitora, por nunca me deixar desistir, por me aconselhar e ouvir em tudo e por estar sempre disposta a ajudar.

Ao meu progenitor, pela preciosa ajuda no campo e na preparação do material, pelo interesse em todo o processo, pela constante disponibilidade em fazer o que fosse preciso e pelo companheirismo e momentos inesquecíveis no campo.

## Resumo

O montado é um sistema agro-silvo-pastoril constituído por um coberto de árvores de variáveis densidades, aliado a diferentes tipos de sobcoberto, que incluem pastagens, campos cerealíferos e mato. As alterações de origem antropogénica têm vindo a criar um mosaico de habitats heterogéneos que suporta uma grande variedade de espécies, mas a sua importância biológica só é possível através da manutenção e gestão eficiente da sua complexa estrutura vegetal.

Os morcegos são um grupo que desempenha um papel indispensável nestes sistemas. Uma vez que todos os morcegos do nosso país são insectívoros, contribuem para o controle das populações de insectos. Contudo, a intensificação da agricultura e alteração da estrutura deste habitat podem ameaçar os morcegos, por redução de habitat adequado e abrigos. Para desenvolver planos de gestão do montado que permitam compatibilizar a preservação dos morcegos com o seu uso pelo Homem, é necessário conhecer melhor a forma como este grupo utiliza o habitat e parâmetros que o afectam, nomeadamente a estrutura da sua vegetação.

Assim, este estudo pretende verificar a existência de uma relação entre a actividade de morcegos e a estrutura da vegetação no montado e, para isso, comparou-se a riqueza e actividade de espécies de morcego em dois tipos de habitat diferentes - montado sem mato e montado com vegetação arbustiva. Além disso, foram também avaliadas a abundância de presas e que outros parâmetros do habitat e da estrutura da vegetação afectam a actividade dos morcegos.

Para isso foram registados os sinais de ecolocalização dos morcegos e, simultaneamente, capturados insectos em 5 montados de diferentes zonas do Alentejo, sendo a presença de espécies relacionada com vários parâmetros da vegetação.

A quantidade de alimento é maior nos montados com mato, embora não seja uma diferença significativa. Verificou-se que a actividade total dos morcegos é maior em áreas próximas de água e com menor densidade de árvores altas. Apenas *P. pygmaeus* aparenta preferir maior densidade de árvores. A presença de mato parece ser importante para a actividade total e, também, para quase todos os grupos de morcegos, à excepção de *Myotis* spp. que aparenta preferir zonas sem mato. A abundância de artrópodes é também importante para a actividade total, particularmente para *P. kuhlii*.

**Palavras-chave:** montado, morcegos, vegetação, ecolocalização, conservação

## Abstract

The *montado* is an agro-silvo-pastoral system, with highly variable tree cover density, along with a mosaic of grasses, cereals and shrubs, each contributing in its own way to the system. Years of anthropogenic changes in land use created a heterogeneous mosaic of habitats that supports many different animal and plant species. This biological importance is only possible through an efficient management of *montado*'s complex vegetation structure.

Bats play a very important role in these systems. All bat species in our country are insectivorous, which means they help control insect populations. However, agriculture intensification and habitat structure changes may threaten bats, by reducing adequate habitat and availability of roosts. It is necessary to understand more about this group's habitat use and what kinds of factors affect it, especially in regard to the vegetation structure, to be able to develop adequate conservation plans.

The main goal of this study was to verify the relation between bat activity and the vegetation structure within *montado*. In order to reach that goal, we compared the richness and activity of bat species in two different habitat types, *montado* with and without a shrubby understory. Abundance of prey and other factors of the habitat and the vegetation structure that may affect the activity of bats were also evaluated. Bat echolocation signals were registered, along with simultaneous insect capture by light traps, in 5 different *montados* of Portugal, in the region of Alentejo.

Although not significantly different, the abundance of prey is greater in *montados* with shrubby understory. Total bat activity is higher in areas closer to water with smaller tree density and taller trees. Only *P. pygmaeus* appears to prefer greater tree densities. Shrubby understory seems to be important for total bat activity, as well as for most other groups studied, except for *Myotis* spp., which seems to prefer areas without shrubs. Prey abundance seems to also be important for total bat activity and, in particular, for *P. kuhlii*.

**Keywords:** *montado*, bats, vegetation, echolocation, conservation

# Índice

Agradecimentos.....	i
Resumo.....	iii
Abstract.....	iv
1. Introdução.....	1
1.1 O montado.....	1
1.2 Os morcegos.....	3
1.2.1 Ecolocalização e registos sonoros.....	7
1.3 Objectivos.....	8
2. Metodologia.....	10
2.1 Área de estudo.....	10
2.2 Actividade dos morcegos.....	12
2.2.1. Registo de vocalizações de morcegos.....	12
2.2.2. Identificação das vocalizações de morcegos.....	13
2.3 Abundância de presas.....	16
2.4 Caracterização dos parâmetros do habitat e da estrutura da vegetação.....	17
2.5 Análise estatística.....	18
3. Resultados.....	21
3.1 Actividade dos morcegos.....	21
3.1.1. Actividade dos morcegos em áreas com e sem mato.....	23
3.2 Abundância de presas.....	24
3.3 Parâmetros do habitat e da estrutura da vegetação influentes na actividade dos morcegos.....	26
4. Discussão.....	32
4.1 Actividade dos morcegos.....	32
4.2 Abundância de presas.....	33
4.3 Parâmetros do habitat e da estrutura da vegetação na actividade dos morcegos.....	34
4.3.1 Actividade total dos morcegos.....	35
4.3.2 <i>Pipistrellus</i> spp.....	36
4.3.3 <i>Myotis</i> spp.....	38
4.3.4 <i>Eptesicus</i> spp. / <i>N. leisleri</i> .....	38



4.4 Gestão e conservação.....	39
4.5 Limitações do estudo e linhas de investigação futuras.....	41
5. Considerações finais.....	42
6. Referências.....	44
7. Anexos.....	53

## Índice de figuras

Figura 1 - Localização das áreas de amostragem.....	10
Figura 2 – Distribuição dos pontos em cada área de amostragem.....	11
Figura 3 - Estação de amostragem de morcegos em montado com mato. ....	13
Figura 4 - Armadilha de luz para insectos.....	16
Figura 5 – Número máximo e mínimo de espécies/grupos de morcegos identificadas por local de amostragem.....	21
Figura 6 - Valor relativo (%) da actividade de cada espécie ou grupo identificados durante o estudo.....	22
Figura 7 - Média da actividade ( $\pm$ I.C. a 95%) de morcegos por habitat em cada local de amostragem.....	24
Figura 8 - Média da actividade ( $\pm$ I.C. a 95%) de cada espécie ou grupo por zona.....	24
Figura 9 - Média ( $\pm$ I.C. a 95%) do número de artrópodes capturada em cada área de amostragem.....	26
Figura 10 - Média ( $\pm$ I.C. a 95%) do número de indivíduos capturados das Ordens mais frequentes em cada zona.....	26

## Índice de tabelas

Tabela 1 - Categorias da identificação dos morcegos.....	15
Tabela 2 - Variáveis utilizadas como descritores nos modelos.....	20
Tabela 3 - Número total de cada espécie ou grupo identificado por local de amostragem.....	23
Tabela 4 - Número de artrópodes de cada ordem capturada em cada local de amostragem.....	25
Tabela 5 - Resultados da análise de colinearidade através do método de Pearson.....	28
Tabela 6 -Modelo GLMM que relaciona a actividade total dos morcegos com as variáveis ambientais.....	28
Tabela 7 - Modelo GLMM que relaciona a actividade do grupo <i>Pipistrellus</i> spp. com as variáveis ambientais.....	29
Tabela 8 - Modelo GLMM que relaciona a actividade da espécie <i>P. kuhlii</i> com as variáveis ambientais.....	29
Tabela 9 - Modelo GLMM que relaciona a actividade da espécie <i>P. pipistrellus</i> com as variáveis ambientais.....	29
Tabela 10 - Modelo GLMM que relaciona a actividade da espécie <i>P. pygmaeus</i> com as variáveis ambientais.....	30
Tabela 11 - Modelo GLMM que relaciona a actividade do grupo <i>Myotis</i> spp. com as variáveis ambientais.....	30
Tabela 12 - Modelo GLMM que relaciona a actividade do grupo <i>Eptesicus</i> spp. <i>N. leisleri</i> com as variáveis ambientais.....	31

# 1. Introdução

## 1.1 O montado

A vantajosa localização biogeográfica, a sua complexa história geológica e geomorfologia tornam a bacia do Mediterrâneo numa área de excepcional riqueza biológica (Blondel, 2006). É considerada um *hotspot* de biodiversidade, abrigando cerca de 25000 espécies vegetais e 770 espécies de vertebrados (Myers et al., 2000).

Desde há vários séculos que as paisagens desta região têm sido alteradas pelas actividades humanas, principalmente para a agricultura (Gonçalves et al., 2011). Um dos ecossistemas dominantes na parte ocidental desta região é o montado, áreas florestadas de origem antropogénica dominadas por sobreiros (*Quercus suber*) e azinheiras (*Quercus rotundifolia*) (Godinho & Rabaça, 2011). Este sistema agro-silvo-pastoril é frequente na península Ibérica, ocupando aí cerca de 4 milhões de hectares, e tem particular destaque em Portugal, no Alentejo, onde corresponde a 23% da área florestada do país, ou seja, 737000 ha (Godinho & Rabaça, 2011; Gonçalves et al., 2011; Pinto-Correia, 2000).

Estes sistemas agro-silvo-pastoris caracterizam-se pela optimização do aproveitamento dos recursos do próprio território, adaptando-se aos ciclos naturais de produção e aplicando práticas culturais que integram tanto a diversidade ambiental, quanto a sua sustentabilidade e multifuncionalidade (Belo et al., 2009; de Miguel & Sal, 2002). Os montados podem, então, ser explorados de diferentes modos, incluindo actividades cinegéticas, produção de cereais, mel, lenha e carvão e, principalmente, cortiça, carne e lacticínios (Gonçalves et al., 2011; Pereira & Fonseca, 2003). Os animais usados para a pecuária são, essencialmente, vacas, ovelhas e porcos, embora também seja criado gado caprino. Além da sua relevância económica, o gado contribui também para a fertilização dos solos (Pinto-Correia & Mascarenhas, 1999).

Para além da sua significância económica, o uso tradicional do solo, aliado aos mosaicos de elementos naturais desta paisagem (matos, zonas não perturbadas, galerias ripícolas, entre outros) (De Miguel & Sal, 2002; Tellería, 2001), forma uma matriz heterogénea de habitats que suportam uma grande variedade de espécies vegetais e animais, incluindo espécies endémicas e/ou ameaçadas (Blondel, 2006; Godinho & Rabaça, 2011; Pinto-Correia, 2000; Plieninger & Wilbrand, 2001; Tellería, 2001). De facto, por esta razão, os montados são até considerados

áreas agrícolas de elevado valor natural (High Nature Value Farmlands; Paracchini et al., 2008). Muitas comunidades biológicas dependem deste sistema heterogéneo para manter os ciclos de vida sincronizados com as fases de pousio ou de repouso das explorações (De Miguel & Gómez Sal 2002), além de que toda esta complexidade implica a existência de mais nichos e permite diversos modos de exploração dos recursos (Tews et al., 2004). Um dos grupos animais com mais influência nestes sistemas são os mamíferos, cujas diversidade e estrutura trófica saudável podem indicar boas práticas de gestão (Gonçalves et al., 2011). Os morcegos são particularmente importantes no controlo de pragas agrícolas (Boyles et al., 2011). Além de representarem uma grande diversidade biológica, todos os morcegos existentes no nosso país são insectívoros, podendo consumir até mais de metade do seu peso em insectos numa única noite (Kunz et al., 2011).

Este sistema, semelhante a uma savana, é constituído por um coberto de árvores principalmente do género *Quercus*, podendo os povoamentos ser esparsos (~50 árvores/ha) ou bastante densos (~100 árvores/ha) (Olea & Miguel-Ayanz, 2006; Pereira et al., 2009). O arvoredado é um dos componentes mais importantes do montado, contribuindo para a economia, através da produção de cortiça, mas também prestando serviços ao ecossistema, como a fixação de carbono, a reciclagem de nutrientes, o aumento da matéria orgânica à superfície, devido à acumulação de folhada, e consequente aumento da fertilidade do solo, a diminuição da erosão e, também, o maior armazenamento de água no solo por redução do escoamento superficial (Belo et al., 2009). Além disso, as bolotas servem como fonte de alimento para vários animais (Olea & Miguel-Ayanz, 2006).

O sobcoberto é constituído predominantemente por pastagens e campos cerealíferos (aveia, trigo, cevada, entre outros) num sistema de rotação que inclui pousios (Pereira & Fonseca, 2003). Ambos constituem uma importante fonte de alimento para o gado (Olea & Miguel-Ayanz, 2006). É frequente o aparecimento de arbustos (*Cistus*, *Erica*, *Lavandula* e *Ulex* spp.), mas estes podem, dependendo do tipo de gestão adoptada (Godinho & Rabaça, 2011), ser removidos artificialmente ou mantidos em baixas densidades com a presença de gado (Pereira & Fonseca, 2003; Pinto-Correia & Mascarenhas, 1999; Tellería, 2001), de modo a facilitar a extracção de cortiça e o acesso às bolotas (Godinho & Rabaça, 2011). Por outro lado, o gado contribui para o pisoteio e a consequente compactação do solo e elimina a regeneração natural do montado (Pinto-Correia et al., 2011). O aparecimento de mato pode, também, ser benéfico, na medida em

que a sobreposição de estruturas vegetais distintas e bem separadas verticalmente, isto é, a associação das diferentes densidades de arvoredos com as culturas agrícolas, as pastagens e o mato, contribui para o aumento da biodiversidade, através da disponibilidade de diversas fontes de alimento ou abrigos para diferentes espécies de mamíferos, aves, répteis e insectos (Belo et al., 2009; Leal et al., 2011; Pinto-Correia et al., 2011; Rabaça, 1990). Contudo, é necessário que haja um controle do desenvolvimento dos matos, devido ao risco de fogo que eles representam e porque podem prejudicar o arvoredos, através da competição pelos nutrientes e água (Pinto-Correia & Mascarenhas, 1999).

Apesar da sua importância económica e biológica, os montados são cada vez mais um ecossistema ameaçado. Os sistemas que precisam de ser geridos pelo Homem só duram enquanto os seus produtos forem valiosos para a sociedade, como é o caso da cortiça que hoje em dia tem visto o seu mercado a diminuir (Belo et al., 2009; Leal et al., 2011). Além disso, tem sido dedicado muito pouco cuidado à regeneração natural dos sobreiros e azinheiras, aumentando, por outro lado, a sua sobre-exploração. O aumento da mecanização e da fertilização sem preocupação pela fragilidade dos solos conduziram, também, a colheitas reduzidas e uma erosão acelerada. O povoamento de árvores está, então, envelhecido, esparso, devido à intensidade das práticas agrícolas e bastante sensível a pragas e doenças (Belo et al., 2009; Olea & Miguel-Ayanz, 2006). Estas áreas podem, então, sofrer abandono e serem substituídas por eucalipto ou sofrer uma densificação exagerada do mato no sobcoberto (Belo et al., 2009; Pereira et al., 2009; Pinto-Correia, 1993).

As relações entre a elevada diversidade estrutural deste habitat e a biodiversidade nele existente são a chave para a sua eficiência e estabilidade (Olea & Miguel-Ayanz, 2006). Por estas razões, é necessário encontrar meios de gestão que permitam equilibrar as necessidades económicas e as biológicas nestes ecossistemas.

## **1.2 Os morcegos**

Os morcegos, pertencentes à Ordem Chiroptera, são o segundo maior grupo de mamíferos de todo o mundo, contando, actualmente, com mais de 1116 espécies (Jones et al., 2009). Em Portugal continental, as 25 espécies existentes representam mais de metade das espécies de mamíferos terrestres do nosso país e distribuem-se por quatro famílias, sendo elas Molossidae, Rhinolophidae, Miniopteridae e Vespertilionidae (Lourenço, 2000; Rodrigues et al., 2011).

Apesar de estarem legalmente protegidas (Lourenço, 2000; Walters et al., 2012), muitas das espécies encontram-se ameaçadas global e localmente (Rainho, 2007) ou não existe informação suficiente sobre elas (Cabral et al., 2005).

Não só nos números se reflecte a enorme diversidade deste grupo, mas também em quase todos os aspectos da sua biologia, desde a morfologia, tendo tamanhos e formas muito variáveis, ao tipo de abrigos utilizados e aos hábitos alimentares (Fenton, 1997; Hutson, Mickleburgh & Racey, 2001; Schnitzler & Kalko, 2001), embora no nosso país sejam apenas explorados recursos como artrópodes e pequenos vertebrados (Pereira et al., 2002; Rainho et al., 1998).

Também na Europa a maioria das espécies é insectívora, embora existam também espécies que se alimentam ocasionalmente de pequenos mamíferos, aves ou peixes (Hutson et al., 2001). O espectro de presas possíveis é influenciado pelo tamanho dos morcegos e das suas orelhas, pela sua capacidade de manobra em voo, pelo tipo de habitats utilizados e pela frequência dos sinais de ecolocalização (Dietz et al., 2009). Podem consumir diariamente dezenas de toneladas de artrópodes, resultando num consumo anual de milhões de toneladas (Hutson et al., 2001; Lourenço, 2000; Rodrigues et al., 2011). Por esta razão, e por percorrerem enormes distâncias todas as noites, os morcegos têm um papel indispensável no controle de insectos nocturnos e no transporte de nutrientes pela paisagem, podendo suprimir até mais artrópodes que as aves (Kalka et al., 2008). Alimentam-se não só de mosquitos mas também de outros grupos, como lepidópteros, coleópteros, homópteros, hemipteros e tricópteros, sendo alguns deles importantes pragas da agricultura (Jones et al., 2009). Assim, os morcegos têm um papel fundamental na manutenção do equilíbrio dos ecossistemas naturais e, simultaneamente, contribuem para o controle de pragas agrícolas que, caso contrário, causariam danos económicos gravíssimos (Adams, 2013; Boyles et al., 2011).

Os morcegos são também bons candidatos a bioindicadores da qualidade do habitat, pois são bastante sensíveis a perturbações humanas (Jones et al., 2009). Ocupam uma grande área geográfica e podem ser estudados a nível do indivíduo ou da população. Por fazerem parte dos níveis tróficos mais altos, é provável que os morcegos insectívoros demonstrem as consequências da acumulação de poluentes mais rapidamente do que animais em níveis tróficos mais baixos (Jones et al., 2009).

A sua baixa taxa reprodutiva implica que as populações demorem muito tempo a recuperar as perdas (Jones et al., 2009). Além da baixa taxa reprodutiva, os morcegos distinguem-se de outros

mamíferos do seu tamanho por terem uma grande longevidade e longos períodos de dependência das crias (Erickson & West, 2003). Estas características, juntamente com a sua elevada fidelidade aos abrigos (Tigner & Stukel, 2003), a sua estrutura populacional em colónia e a hibernação dependente da temperatura, tornam-nos num grupo particularmente sensível a várias ameaças (Erickson & West, 2003; Hutson et al., 2001; Müller et al., 2013; Walters et al., 2012).

A maioria das ameaças está directamente ligada com o crescimento da população humana, cujas maiores necessidades de alimento, espaço e outros recursos levam à destruição de muitos habitats (Hutson et al., 2001; Mickleburgh et al., 2002). De facto, a perda e fragmentação de habitats, em especial de florestas, que são bastante utilizadas por estes animais, é a maior ameaça para muitas espécies de morcegos. A razão principal para a destruição da floresta é a sua conversão para a agricultura ou áreas urbanas (Fenton, 1997; Hutson et al., 2001; Mickleburgh et al., 2002; Weller et al., 2009). Vários elementos da paisagem, como linhas de árvores, sebes, canais, entre outros, são usados pelos morcegos durante o voo, permitindo a existência de alimento e podendo servir de conexões entre as zonas de alimento e os abrigos, e de protecção contra predadores e vento, pelo que a sua destruição ou perturbação pode ser bastante prejudicial para algumas espécies (Erickson & West, 2003; Hutson et al., 2001; Mickleburgh et al., 2002). A remoção de árvores ou ramos em decomposição é também um problema, pois diminui a disponibilidade de abrigos, já que buracos de árvore são muitas vezes utilizados para cuidar das crias, hibernar ou acasalar (Dietz et al., 2009; Hutson et al., 2001). Não só a destruição, mas também a perturbação dos abrigos e das colónias constitui um problema, especialmente em épocas de criação, pois pode provocar elevada mortalidade nos juvenis ou levar ao abandono do local de criação (Fenton, 1997). Mais recentemente, surgiu a ameaça das alterações climáticas que poderão afectar significativamente o ciclo reprodutor dos morcegos, a sua distribuição e migração ou até pôr em causa os seus sistemas imunitários, tornando estes animais mais susceptíveis a doenças (Jones et al., 2009). Se a temperatura e a precipitação variarem muito podem levar a grandes períodos de seca e, então, reduzir a quantidade de água e alimento disponível (Jones et al., 2009; Zahn, Rodrigues, Rainho & Palmeirim, 2007). Relacionada com as alterações climáticas, está a instalação de turbinas eólicas, cujos efeitos são difíceis de avaliar e de mitigar, e que já levaram à morte de imensos morcegos (Dietz et al., 2009; Jones et al., 2009). A utilização de pesticidas, fomentada pela intensificação da agricultura, constitui também uma ameaça, por diminuir a quantidade de alimento disponível (Dietz et al., 2009) e por diminuir



também a sua qualidade, sendo que a sua ingestão pode levar a elevadas taxas de mortalidade (Carmel & Safriel, 1998; Jones et al., 2009).

Apesar dos estudos realizados em outras partes do mundo terem muitas vezes resultados contraditórios (Dodd et al., 2012), é comum a associação da actividade de morcegos com estruturas da vegetação, tendo sido descritos altos níveis de actividade relacionados com florestas maduras, naturais ou marginais e corredores/sebes, os quais podem ajudar estes animais na sua orientação espacial (Dodd et al., 2012; Erickson & West, 2003; Marques & Rainho, 2006; Obrist et al., 2011). Além de influenciarem também a biomassa, diversidade e abundância de alimento (Russo & Jones, 2003), as características da vegetação existente têm efeito na utilização do habitat por parte dos morcegos, na medida em que definem o espaço disponível para voar e a sua percepção do ambiente (Owen, Menzel & Edwards, 2004; Runkel, 2008). Todos os morcegos insectívoros, tais como os que habitam o nosso país, utilizam a ecolocalização para se movimentarem no ambiente, orientando-se e detectando as suas presas através da emissão de sinais ultrassónicos e da recepção dos ecos resultantes (Runkel, 2008). Ao ecolocalizar, os morcegos têm de discriminar entre os ecos das presas e os ecos de outros elementos presentes, chamados de ‘clutter’ (Schnitzler & Kalko, 2001). A sobreposição dos ecos da presa e dos ecos da vegetação circundante representa o maior problema para a orientação dos morcegos (Dietz et al., 2009). Zonas com vegetação demasiado densa põem em causa o sucesso da ecolocalização para a procura de alimento, pois a existência em excesso de ramos, folhas e afins complica a detecção e perseguição das presas (Crome & Richards, 1988; Schnitzler & Kalko, 2001). Pode ser particularmente prejudicial para espécies que capturam as presas no solo, por exemplo *M. myotis* (Rainho et al., 2010).

Por outro lado, a presença de algum sobcoberto arbustivo é muitas vezes vantajosa para estes animais, pois permite maior número de nichos ecológicos, abundância de alimento e protecção contra o vento e predadores (Marques & Rainho, 2006). A estrutura do habitat é claramente determinante para a movimentação dos animais. Os morcegos têm de encontrar locais de caça que apresentem alimento abundante, com vegetação suficiente para se conseguirem orientar e proteger, mas com uma estrutura não demasiado complexa para que se possam movimentar e caçar sem dificuldade (Kusch et al., 2004; Patriquin & Barclay, 2003).

Apesar de já existirem alguns estudos a nível do Mediterrâneo (Carmel & Safriel, 1998; Lisón & Calvo, 2013; Rainho, 2007; Russo & Jones, 2003), o seu número é ainda reduzido,

quando comparados com os de algumas regiões do mundo. Devem, portanto, ser realizados mais estudos a nível da comunidade de morcegos, como a nível de espécies, especialmente no Mediterrâneo e também em sistemas agrícolas (Brandt et al., 2007). Contudo, sabe-se que os montados são habitats com elevada actividade de morcegos (Marques & Rainho, 2006) e, portanto, é necessário identificar quais as estruturas da vegetação desse habitat que mais favorecem os morcegos e as suas presas, de modo a definir medidas apropriadas de conservação e gestão do montado (Russo & Jones, 2003).

### **1.2.1 Ecolocalização e registos sonoros**

A ecolocalização baseia-se na emissão de sinais sonoros de elevada frequência, em geral ultrassónicos, e na análise dos respectivos ecos para caracterizar e localizar os objectos reflectores (Jones, 2005). Alguns morcegos, em particular os microquirópteros, utilizam este sistema para se orientarem no espaço e para detectar, identificar e localizar presas (Schnitzler & Kalko, 2001).

Os morcegos emitem estes ultrassons através das cordas vocais e usam uma grande variedade de sinais específicos, neste caso pulsos, que diferem nas suas frequências, estrutura, duração, intervalo entre pulsos (IPI) e amplitude (Dietz et al., 2009; Schnitzler & Kalko, 2001). Estas diferenças específicas, criadas por diferentes pressões ecológicas, facilitam em muito a identificação acústica das espécies (Walters et al., 2012). Contudo, mesmo entre indivíduos da mesma espécie, as características dos sinais ultrassónicos variam muito, dependendo do habitat, das condições físicas ambientais, da idade, do sexo, da fisiologia do animal, da presença de outros membros da mesma espécie e do objectivo do morcego, o que pode dificultar as identificações (Parsons & Jones, 2000; Russo & Jones, 2002; Schnitzler & Kalko, 2001; Tupinier, 1997; Walters et al., 2012). Para a simples deslocação ou procura de presas, os morcegos utilizam pulsos mais longos, com maiores intervalos entre si. Estes podem ser de frequência quase constante (QFC), com uma reduzida banda de frequências, de frequência modulada (FM), em que a banda de frequências é muito maior ou de frequência constante (CF), em que a largura de banda é quase inalterada (Dietz et al., 2009; Fenton, 2013; Neuweiler, 1984). Ao aproximar-se de um obstáculo ou ao detectar uma presa, o morcego começa a aumentar o número de pulsos que emite e diminui a sua duração e o IPI (Rebelo & Rainho, 2003; Sleep & Brigham, 2003; Walters et al., 2012). Existem também os chamamentos sociais, que diferem dos

restantes em relação à duração e padrões de frequência. São também de frequências menos elevadas, para terem melhor propagação no espaço (Fenton, 2003).

Uma vez que a ecolocalização é tão utilizada pelos morcegos, um dos métodos mais utilizados hoje em dia para o estudo destes animais são as sondagens acústicas, através de detectores, que convertem os ultrassons à gama do audível e permitem ouvi-los em tempo real no campo, ou gravadores de ultrassons, que permitem a identificação posterior das espécies através de diferentes métodos (Russo & Jones, 2003; Skalak et al., 2012; Walters et al., 2012). Comparativamente a outros métodos de estudo de morcegos durante a sua actividade nocturna, como por exemplo a captura por redes japonesas, o registo sonoro apresenta diversas vantagens. Além de permitirem detectar mais espécies (O'Farrell & Gannon, 1999; O'Farrell, Miller & Gannon, 1999), os métodos acústicos são um método não invasivo que pode ser usado em habitats onde as redes são ineficientes, e permitem monitorizações mais longas e autónomas (Adams, 2013; Skalak et al., 2012; Walters et al., 2012).

### **1.3 Objectivos**

Com as alterações ao uso do solo e intensificação da exploração, as estruturas da vegetação do montado correm o risco de entrar em desequilíbrio, prejudicando todo um ecossistema e a biodiversidade nele existente. Um grupo com particular importância ecológica são os quirópteros (Lourenço, 2000). Por serem particularmente sensíveis a ameaças antropogénicas, principalmente a destruição e alteração de habitats, é necessário aprofundar os estudos em relação à estrutura da vegetação que lhes é mais benéfica. Por essa razão, este estudo visa avaliar qual a influência da estrutura do habitat na actividade de morcegos no montado em Portugal. Sendo assim, pretende-se avaliar:

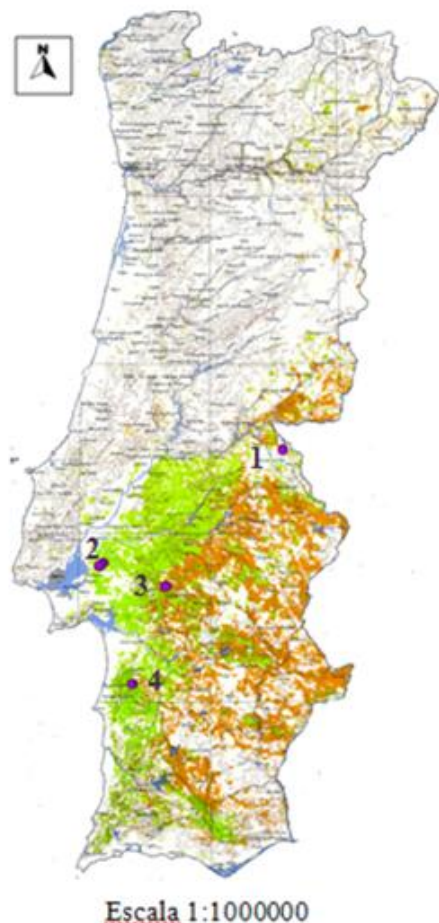
- (a) de que modo presença de mato influencia a riqueza de espécies e a actividade dos morcegos, através da comparação de zonas de montado com mato e zonas de montado sem mato;
- (b) se existem diferenças na quantidade de alimento disponível nas zonas com e sem mato;

- (c) que outros parâmetros do habitat e da estrutura da vegetação influenciam a actividade dos morcegos no montado.

Pretende-se ainda apresentar medidas de gestão da estrutura do habitat em montado que permitam a compatibilização do seu uso humano com a manutenção do seu valor natural.

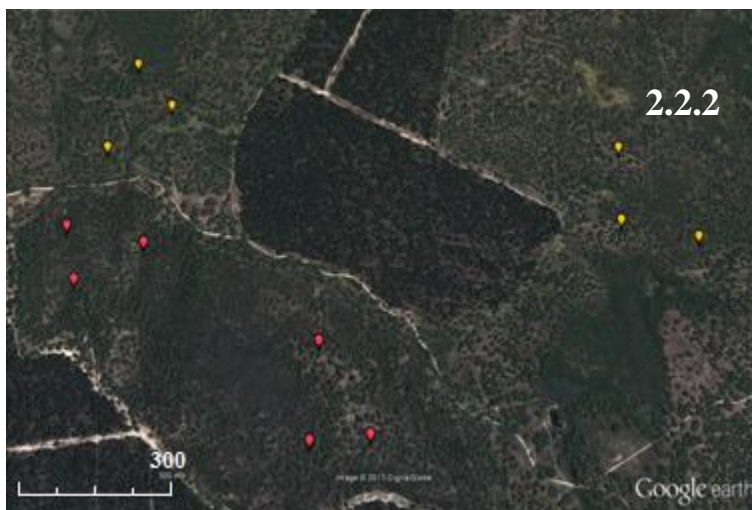
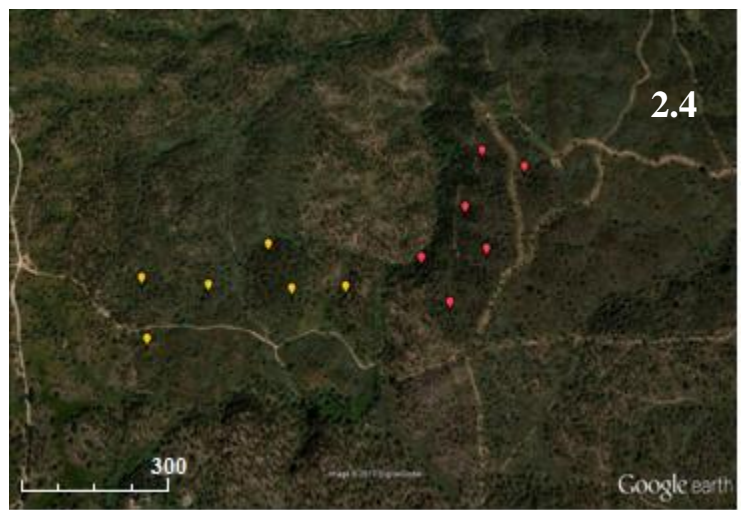
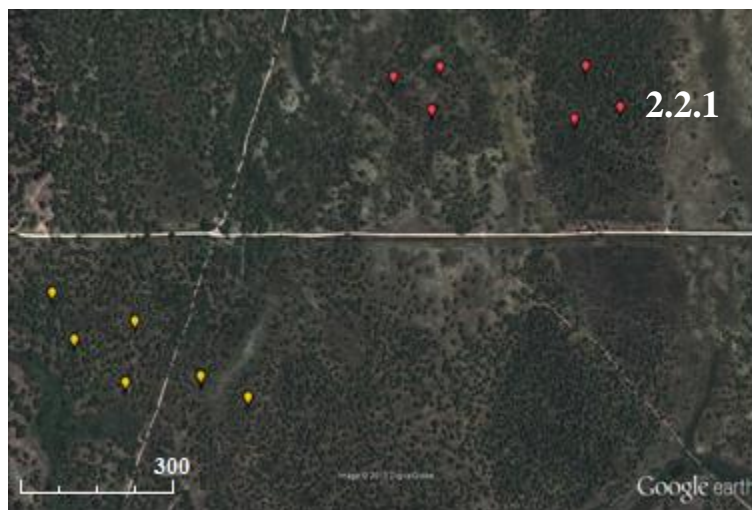
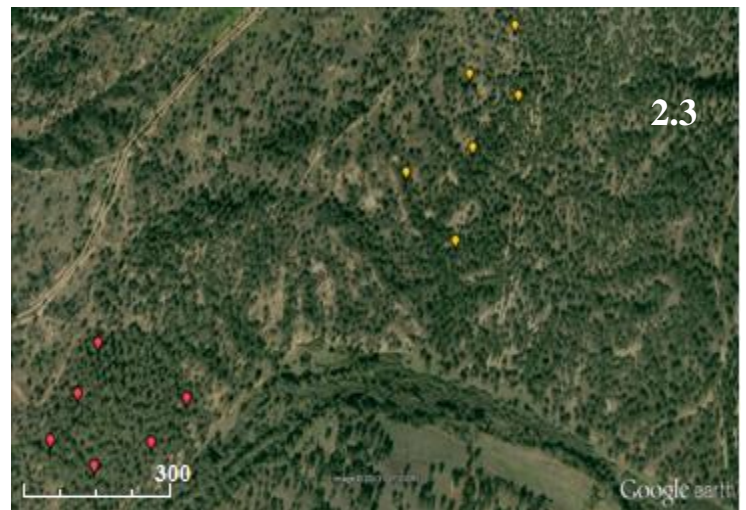
## 2. Metodologia

### 2.1 Área de estudo



**Figura 1**– Distribuição do montado de sobre (verde) e de azinheiras (castanho). Localização das áreas de amostragem: 1- Marvão; 2- Companhia das Lezírias; 3- Montemor-o-Novo; 4- Grândola. Adaptado do Atlas do Ambiente.

A recolha de dados de campo foi executada durante os meses de Agosto e Setembro de 2012, em cinco montados de diferentes regiões de Portugal: em Marvão (M), na Herdade de Santo Isidro, propriedade integrada no Parque Natural da Serra de S. Mamede; em Grândola (G), na Herdade da Ribeira Abaixo; em Montemor-o-Novo, na Herdade do Freixo do Meio (FM); e em Vila Franca de Xira, em dois locais na Companhia das Lezírias (Lezírias I e Lezírias II) (Figuras 1 e 2). Em cada uma das propriedades existem outros tipos de habitat além do montado, como por exemplo olivais, hortas e zonas ripícolas. São exploradas várias actividades além da extracção de cortiça, como a caça, a criação de gado bovino, ovino ou suíno, a produção de vinho, a agricultura, e até produção biológica, no caso da herdade do Freixo do Meio (mais informação sobre a Companhia das Lezírias, disponível em: <http://www.cl.pt/>, Herdade do Freixo do Meio, disponível em: <http://www.herdadedofreixodomeio.com>, Herdade de Santo Isidro, disponível em: <http://www.casadameada-stoisidro.com/>, Herdade da Ribeira Abaixo em Rebelo et al., 2009).



**Figura 2** - Distribuição dos pontos de cada área de amostragem: 2.1 - Marvão; 2.2.1 - Lezírias I; 2.2.2 - Lezírias II; 2.3 - Montemor-o-Novo; 2.4 - Grândola. Mato – vermelho; Sem mato – amarelo.

Em todas as áreas de amostragem o clima é tipicamente mediterrânico, com Verões longos e secos e Invernos moderados. A temperatura média anual varia entre os 14°C e os 17°C, consoante a zona, sendo Marvão a área mais chuvosa com 700 mm e tendo as restantes áreas,



aproximadamente, 600 mm de precipitação média anual. (Atlas Climático Ibérico, 2009). Os solos são, em geral, de baixa capacidade agrícola (Atlas do Ambiente).

Em cada área foi escolhida uma zona de montado sem mato e uma de montado com mato, de modo que as duas fossem relativamente semelhantes, à excepção da presença de mato numa delas. Tentou-se que a espécie de árvore predominante fosse o sobreiro, embora estivessem presentes com alguma frequência azinheiras e pinheiros (*Pinus pinaster*).

## **2.2 Actividade dos morcegos**

### **2.2.1. Registo de vocalizações de morcegos**

A actividade dos morcegos foi registada através de seis gravadores de ultrassons SM2BAT+ da Wildlife Acoustics<sup>®</sup> (Anexo I).

Em cada uma das cinco áreas de amostragem foram escolhidos 6 pontos de amostragem em cada uma das zonas, com e sem mato, resultando em 12 pontos por área e num total de 60 pontos amostrados (Figura 2). A distância entre cada ponto de um mesmo habitat foi entre 100 e 250 m. Entre habitats, a distância não ultrapassou os 2 km. Deste modo, foi possível garantir alguma independência espacial nos dados recolhidos, já que os morcegos não seriam registados simultaneamente em mais que um ponto de amostragem. A distância à orla do montado e a estradas foi sempre mais de 100 m.

A amostragem de cada um dos 12 pontos de uma área foi feita durante duas noites consecutivas, com dois pontos de mato e dois pontos sem mato simultaneamente, o que resultou numa amostragem de 6 noites para cada área. Os conjuntos dos gravadores e microfones foram instalados horizontalmente e por baixo da copa das árvores, sendo suportados por um prumo fixo ao respectivo tronco (Figura 3). Os microfones encontravam-se no topo do prumo, a 3 m do solo. Todos os gravadores estavam programados para começar os registos de actividade ao pôr-do-Sol e gravar até ao amanhecer, resultando, em média, em 11 horas de gravação por noite. As gravações foram realizadas apenas em noites sem chuva ou nevoeiro, que absorvem os sinais de ecolocalização (Ciechanowski et al., 2007).



**Figura 3** - Estação de amostragem de morcegos em montado com mato.

### **2.2.2. Identificação das vocalizações de morcegos**

Cada gravador criou, em média, 11 ficheiros WAC por noite. Os ficheiros de formato WAC (*Wildlife Acoustics Audio Compression*) permitem variar o nível de compressão desejado para maximizar o conteúdo sonoro e, simultaneamente, minimizar o tamanho do ficheiro. Estes ficheiros foram posteriormente convertidos ao formato *wave* (WAV) usando o programa WAC2WAV disponível no *website* da Wildlife Acoustics<sup>®</sup> (Anexo II) (<http://www.wildlifeacoustics.com>).

Neste programa foi definido que uma passagem de morcego seria uma sequência de pulsos de ecolocalização com duração total máxima de 5 segundos, de modo a que os ficheiros obtidos pudessem ser lidos pelo SonoBat<sup>®</sup>. Para eliminar, automaticamente, os sons produzidos por insectos e outros ruídos ambientais foram eliminados sons com frequências abaixo de 16 kHz e uma duração inferior a 0,002 segundos durante a conversão de formato WAC para WAV. Este procedimento reduziu em muito a possibilidade de registar a espécie *Tadarida teniotis*, no



entanto, dado que esta é uma espécie que caça em grandes altitudes (Marques et al., 2004) e é muito rara na maioria das áreas de estudo (Palmeirim et al., 1999), considerou-se que esta restrição não condicionaria significativamente os resultados globais.

Os ficheiros WAV obtidos passaram ainda por um filtro “moderado” no Sonobat Batch Scrubber 5.1, que eliminou as gravação com má qualidade. Os ficheiros seleccionados foram, então, analisados automaticamente pelo programa SonoBat<sup>®</sup>, que mede vários parâmetros de cada pulso, como por exemplo a frequência de máxima energia, a frequência inicial e final, a frequência central, as frequências mais baixa e mais alta, a largura de banda, a duração do pulso, entre muitos outros.

Em cada passagem de um morcego o SM2BAT grava vários pulsos emitidos pelo animal. Para caracterizar cada passagem foi então calculada, para cada parâmetro medido, a mediana de até oito pulsos por passagem. Estas medianas foram calculadas no programa Microsoft Excel<sup>®</sup> a partir de uma rotina criada para esse efeito. Utilizou-se a mediana de modo a evitar possíveis enviesamentos resultantes de valores extremos e erros de medição. Foram utilizadas apenas as passagens que tinham, no mínimo, três pulsos (Hourigan et al., 2008). A partir dos valores da frequência central (FC) e da largura da banda, cada passagem foi classificada até à espécie ou grupo de espécies, utilizando uma rotina desenvolvida no programa Microsoft Excel<sup>®</sup> que aplica os limiares definidos na Tabela 1 (Barataud, 2012). A frequência central permite obter identificações mais robustas, pois varia menos do que a frequência de máxima energia, apesar de este ser o parâmetro mais utilizado nas identificações (Milne, 2002; Rainho et al., 2011).

Para distinguir os grupos dos *Myotis* spp. e *Plecotus* spp., foi criada uma categoria de identificação chamada ‘*FMsteep*’, pois os seus pulsos têm, em geral, um declive bastante acentuado ao longo de toda a sua duração.. As espécies pertencentes a cada um destes dois géneros foram agrupadas, devido à dificuldade de as diferenciar só pelos sinais de ecolocalização (Russ & Montgomery, 2002; Warren et al., 2000).

Criou-se, também, a categoria ‘*Barb?*’ para identificar *Barbastella barbastellus*, distinguindo os pulsos alternados característicos da espécie. Devido à possibilidade de cada uma destas categorias poder conter várias espécies, verificou-se manualmente todas as passagens classificadas como FM/QFC, FMsteep, Barb? e ainda aquelas com frequência central abaixo de 36 kHz. A identificação visual baseou-se não só na frequência central, mas também na forma dos pulsos e, quando necessário, no intervalo entre pulsos (Hammer, 2009; Obrist et al., 2004;

Rainho et al., 2011; Russo & Jones, 2002). As sequências de pulsos onde não foi possível uma identificação razoavelmente segura foram identificadas como Unid, sendo apenas contabilizadas no número total de passagens.

**Tabela 1** - Categorias da identificação acústica dos registos de morcegos. QFC – frequência quase constante; FM – frequência modulada; FC – frequência central; *CumNormSlope* - média instantânea dos declives de cada passagem; *SlopeAtFC* - declive dos pulsos no ponto da frequência central; *HitoKneeSlope* - declive entre a frequência mais elevada até à inflexão do pulso; *KneetoFCSlope* - declive desde a inflexão até à frequência central. As categorias Unid correspondem a sequências não identificadas.

<b>Categorias de identificação</b>	<b>QCF (largura de banda &lt; 5 kHz)</b>	<b>FM/QCF (largura de banda&gt;5 kHz)</b>	<b>Espécie ou grupo de espécies</b>
<b>Rhinol</b>	FC 75-120		<i>Rhinolophus</i> spp.
<b>Ppygm</b>	FC 50-62	FC 52-62	<i>Pipistrellus pygmaeus</i>
<b>Ppipis</b>	FC 42-47	FC 44-48	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>
<b>Unid_41-44</b>	FC 40-42	FC 41-44	<i>P.pipistrellus</i> ou <i>Pipistrellus kuhlii</i>
<b>Pkuhlii</b>	FC 34-40	FC 36-41	QFC - <i>P. kuhlii</i> FM - <i>P. kuhlii</i> , <i>B. barbastellus</i> e <i>Myotis</i> spp.
<b>Unid_31-36</b>	FC 30-34	FC 31-36	QFC - principalmente <i>H. savii</i> FM - <i>P. kuhlii</i> , <i>B. barbastellus</i> e <i>M. myotis</i>
<b>EptLeisMyo</b>	FC 21-30	FC 21-31	QFC - <i>Eptesicus</i> spp./ <i>Nyctalus leisleri</i> FM - <i>Eptesicus</i> spp. / <i>N. leisleri</i> , <i>Myotis</i> spp., <i>B. barbastellus</i> , <i>Plecotus</i> spp., <i>Nyctalus lasiopterus</i>
<b>Unid_18-21</b>	FC 18-21	FC 20-21	<i>Eptesicus</i> spp. / <i>N. leisleri</i> , <i>Plecotus</i> spp, <i>N. lasiopterus</i>
<b>Nlasi</b>	FC 14-18	FC 17-20	<i>N. lasiopterus</i> , <i>Plecotus</i> spp., <i>T. teniotis</i> e chamamentos sociais
<b>Unid_12-17</b>	FC 12-14	FC 15-17	<i>N. lasiopterus</i> , <i>T. teniotis</i> , chamamentos sociais, insectos
<b>Tteni</b>	FC 08-12	FC 10-15	<i>T. teniotis</i> , <i>N. lasiopterus</i> , insectos
<b>FMsteep</b>	CumNormSlope + SlopeAtFC > 9		<i>Pipistrellus</i> spp., <i>Myotis</i> spp., <i>B. barbastellus</i> , <i>Plecotus</i> spp.
<b>Barb?</b>	FC 25-32 & HitoKneeSlope/KneetoFCSlope < 1.5		Principalmente <i>B. barbastellus</i>

## 2.3 Abundância de presas

Como todos os morcegos do nosso país são insectívoros foi feita uma amostragem dos artrópodes para avaliar a sua abundância. Para o efeito foram utilizadas armadilhas de luz ultravioleta (Figura 4). Este método não-específico é muito usado para a atracção de insectos voadores nocturnos, sendo particularmente eficiente para Diptera e Lepidoptera, os grupos mais comuns na alimentação de grande parte dos morcegos que ocorrem em Portugal (Dietz et al., 2009; Nielsen et al., 2013). As capturas foram feitas em simultâneo com o registo acústico dos morcegos, mas em diferentes pontos, de modo que ambos os métodos rodaram por todos os pontos sem nunca coincidirem. Com esta alternância pretende-se evitar o enviesamento dos resultados por atracção dos morcegos aos insectos que se concentram em torno da luz das armadilhas (Hayes, 1997; Obrist et al., 2011). Assim, foram utilizadas quatro armadilhas por noite, duas em cada zona, o que resultou numa amostragem de 6 noites para cada área.

As armadilhas foram colocadas próximo da árvore onde seria, noutra noite, montado o gravador. Eram compostas por um balde negro dentro do qual foram colocados uma caixa com uma bateria e um recipiente com líquido anticongelante, que não evapora facilmente e contém álcool, para preservar os espécimes, e detergente, de modo a diminuir a tensão superficial. Direcção sobre este recipiente estava um funil, sobre o qual se encontravam duas placas de acrílico transparente, cada uma com uma lâmpada UV tubular (Blue cold cathod light, SunbeamTech®). As lâmpadas UV tinham um sensor de luminosidade calibrado para acenderem automaticamente ao escurecer e desligá-las ao amanhecer. Todas as manhãs era feita a recolha dos insectos capturados, testado o sensor e substituídas as baterias.



**Figura 4** - Armadilha de luz para insectos.

A recolha dos artrópodes foi feita com a ajuda de um crivo e os mesmos foram conservados com álcool a 70% em recipientes fechados com a respectiva data, estação e local, para posterior identificação em laboratório.

Os artrópodes capturados foram identificados à lupa até à Ordem e, no caso dos Coleoptera, até à Família usando para o efeito as chaves de identificação de artrópodes (Chinery, 2012, 1993; Gibb & Oseto, 2005). Os coleópteros que não foram possíveis de identificar até à Família foram classificados por morfotipos. Todos os artrópodes capturados foram contabilizados e integrados nas seguintes classes de tamanho: menores que 5 mm, entre 6 e 10 mm, entre 11 e 15 mm, entre 16 e 20 mm, entre 20 e 25 mm, entre 26 e 30 mm, entre 30 e 40 mm e maiores que 40 mm.

## **2.4 Caracterização dos parâmetros do habitat e da estrutura da vegetação**

Cada um dos 60 pontos foi caracterizado dentro de um raio de 20 m segundo variáveis baseadas em Obrist et al. (2012) (Tabela 2). No campo, obteve-se, então, dados relativos à densidade de árvores, altura e diâmetro à altura do peito (DAP) de cada árvore, percentagem de cobertura de copa, percentagem de cobertura de herbáceas, mato e manta morta, número de espécies de mato e altura do mato. A altura das árvores e a percentagem de cobertura foram estimadas visualmente e a densidade e o número de espécies de mato contadas directamente. O DAP e a altura do mato foram medidos com fita métrica, sendo que para a altura do coberto foram medidos 10 espécimes de cada uma das espécies de arbustos presentes, sempre que possível. Estimaram-se ainda duas outras variáveis, a percentagem de copa num raio de 20 m e a percentagem de copa num raio de 100 m, através de imagens de satélite disponíveis no Google Earth<sup>®</sup> (acedido em Julho 2013).

Obtiveram-se também informações relativas ao relevo e à distância da água. A distância à água consiste na distância linear entre cada ponto de amostragem e o mais próximo corpo de água superficial (por exemplo, represa, charco ou linha de água) presente nas imediações. O relevo foi caracterizado através do número de curvas de nível num raio de 500 m para cada ponto. Estas variáveis foram medidas através do Google Maps<sup>®</sup> e do Google Earth<sup>®</sup>. Utilizaram-se também dados referentes à capacidade do uso do solo em cada ponto, tendo estes sido obtidos no Atlas do Ambiente, como já foi referido.

As variáveis climáticas e a luminosidade de cada noite foram também consideradas. A temperatura foi registada pelos gravadores de 5 em 5 minutos durante todas as horas de amostragem. Para a análise foi usada a média das temperaturas dos 4 gravadores de cada noite às 22 horas, de modo a evitar enviesamentos devidos ao aquecimento dos gravadores durante o dia,

o que poderia influenciar a temperatura à hora de emergência dos morcegos. As informações acerca do vento e da luminosidade em cada área amostrada, foram obtidas na Internet posteriormente (para a luminosidade: <http://www.tabuademaes.com/calendario-lunar>; para o vento: <http://freemeteo.com>), sendo que, para cada ponto, foi utilizada a média das duas noites de amostragem.

As restantes variáveis analisadas foram a latitude, a longitude, a área de estudo (de acordo com as categorias: Marvão – 1, Lezírias I – 2, Lezírias II – 3, Freixo – 4, Grândola – 5) e a data juliana correspondente à primeira noite de amostragem em cada ponto.

## 2.5 Análise estatística

Para determinar se existiriam diferenças significativas dentro de cada zona (mato e sem mato), entre as duas zonas e entre os pontos em cada área de amostragem, foram realizados testes de qui-quadrado no programa Microsoft Excel<sup>®</sup>, para as variáveis relacionadas com a vegetação. Os resultados foram sempre não significativos, pelo que a única diferença entre as duas zonas em cada área de amostragem, seria a existência de mato numa delas.

Para avaliar diferenças no número total de artrópodes, número total de ordens identificadas e número total de Coleoptera, Lepidoptera, Diptera, Hemiptera e Orthoptera entre a zona de mato e a zona sem mato de cada local, utilizou-se o teste t de student. O mesmo se fez utilizando apenas os artrópodes menores e maiores que 5 mm e menores e maiores que 10 mm (Swift, Racey & Avery, 1985). Para cada ponto foi utilizada a soma dos valores das duas respectivas noites de amostragem.

Para comparar a riqueza e a abundância total de morcegos e de cada espécie/grupo por zona e por local foi também realizado um teste t de *student*. Devido à reduzida quantidade de registos das espécies/grupos *T. teniotis*, *B. barbastellus*, *Plecotus* spp. e *N. lasiopterus*, estes não foram incluídos na restante análise. Em ambos os testes foi utilizado  $p=0.05$  como limite de significância.

As análises de avaliação do efeito do habitat e estrutura da vegetação na actividade dos morcegos foram conduzidas no programa R 3.0.1., assumindo os 60 pontos de amostragem como independentes (Obrist *et al.* 2012).

Procedeu-se, inicialmente, a uma análise gráfica de todas as variáveis para identificação e remoção de dados extremos (*outliers*). Testou-se a colinearidade através do método de Pearson, a

partir da qual foram identificados pares de variáveis com valores de correlação superiores a 0,7 (Tabachnick & Fidell, 1996), sendo excluída de cada par a variável com menor significado biológico. Fez-se um teste de parsimónia para os *random factors* (Bates, 2010) ‘Área’ e ‘Data Juliana’, em que a área só tomou valores significativos para *P. pipistrellus* e *Myotis* spp., sendo assim excluída das análises para as outras espécies/grupos.

De seguida foi feita uma análise univariada através de GLMM para cada espécie/grupo, tendo-se procedido ao ajuste da ordem de grandeza de algumas das variáveis. Foi também comparado o modelo univariado com o modelo dessa mesma variável introduzindo o elemento quadrático. De forma a manter uma relação entre o número de variáveis e número de pontos de amostragem não superior a 1:10 (Guisan & Zimmermann, 2000), foi necessário fazer uma selecção prévia muito apertada das variáveis a considerar em cada modelo inicial. Assim, durante a análise univariada, foram excluídas todas as variáveis cujo valor de  $p$  na análise univariada, fosse superior a 0.1. As variáveis assim seleccionadas foram, então, consideradas no desenvolvimento de três modelos exploratórios distintos para cada espécie ou grupo: modelos climáticos, incluindo a temperatura, o vento e a luminosidade; modelos de coberto, incluindo a densidade de árvores, a altura das árvores, o DAP, a presença de mato e a percentagem de cobertura de copa; e modelos de paisagem, incluindo o relevo e a distância à água. Também aqui se excluíram variáveis com valores de  $p$  superiores a 0,1.

O passo final consistiu no desenvolvimento e selecção dos modelos que melhor se ajustam aos dados de cada espécie ou grupo, usando todas as variáveis seleccionadas nos passos anteriores. A selecção dos melhores modelos foi feita através do valor de Akaike information criterion para pequenas amostras (AICc). Sempre que não foi possível definir o melhor modelo ( $\Delta AICc < 4$ , Burnham & Anderson, 2002), o modelo final resultou da média de todos os melhores modelos. Após a verificação dos resíduos foram aplicadas transformações do tipo  $\log(x+1)$  nas variáveis Relevo e DistÁgua, para que se ajustassem melhor à normalidade. Para estas análises foram usados os pacotes *lm4* e *MuMIn* do programa R.

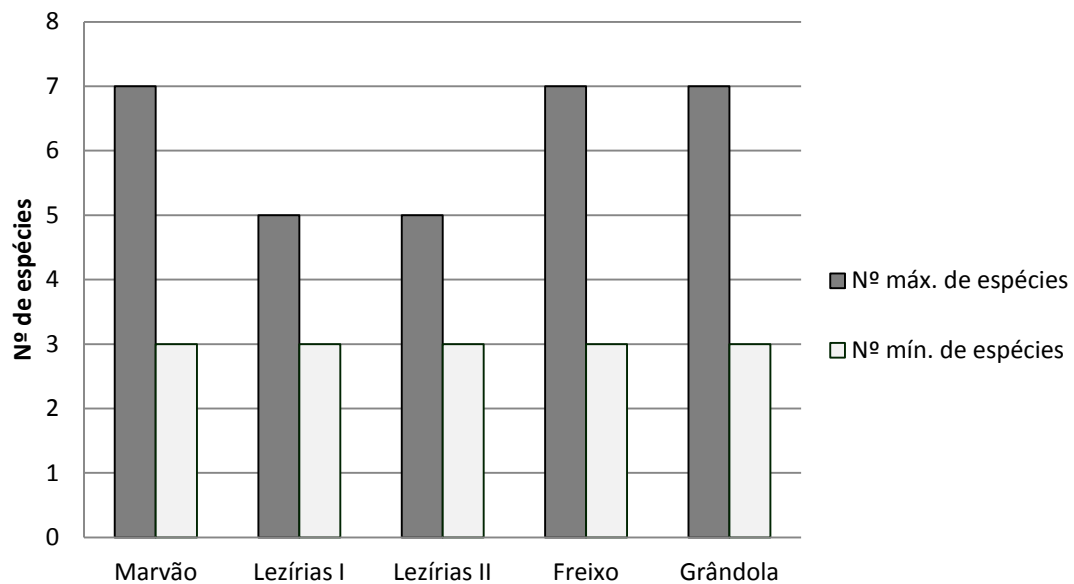
**Tabela 2** - Variáveis utilizadas como descritores nos modelos.

Variável	Acrónimo	Descrição	Tipo, unidades, classes	Origem da informação
Densidade de árvores	DenArv	Número de árvores num raio de 20 m a partir do ponto de amostragem	Ordinal, entre 5 e 18	Recolhido no campo
Altura das árvores	AltArv	Média da altura de todas as árvores num raio de 20 m em torno do ponto de amostragem	Contínua, entre 2.85 e 9.75 m	Recolhido no campo
Diâmetro à altura do peito	DAP	Média ponderada do DAP de sobreiros e outras espécies num raio de 20 m em torno do ponto de amostragem	Contínua, entre 12.3 e 73.2 cm	Recolhido no campo
Cobertura de copa	Copa	Percentagem de cobertura de copa num raio de 20 m em torno do ponto de amostragem	Ordinal, entre 30 e 80 %	Recolhido no campo
Cobertura de copa 20	Copa20	Percentagem de cobertura de copa num raio de 20 m	Ordinal, entre 25 e 90 %	GoogleEarth <sup>®</sup>
Presença de mato	Mato	Presença/ausência de mato num raio de 20 m em torno do ponto de amostragem	Binária	Recolhido no campo
Relevo	Relevo	Número de linhas de nível que intersectam cada ponto de amostragem num raio de 500 m	Ordinal, entre 0 e 3	Google Earth <sup>®</sup>
Distância à água	DistAgua	Distância à zona de água mais próxima	Contínua, entre 0.146 e 1.677 km	Google Earth <sup>®</sup>
Temperatura	TempMed	Média das temperaturas dos 4 gravadores de cada noite às 22 horas	Ordinal, entre 21.7 e 30.3 °C	Registada nas estações de registos acústicos
Vento	Vento	Média da velocidade do vento nas duas noites em cada ponto	Ordinal, entre 1.4 e 23.1 km/h	Obtida na Internet
Data Juliana	DataJul	Data juliana da primeira noite de cada ponto	Ordinal, entre 215 e 256	Conversão da data do calendário no Excel <sup>®</sup>
Área	Área	Categoria de cada área (1 a 5)	Categórica	Categoria atribuída a cada área de estudo
Número de artrópodes	Artrópodes	Número total de artrópodes das duas noites (*10 <sup>-3</sup> )	Ordinal, entre 0.047 e 6.752	Recolhido no campo

### 3. Resultados

#### 3.1 Actividade dos morcegos

Registaram-se, no total, 9 espécies/grupos, sendo eles *P. pipistrellus*, *P. kuhlii*, *P. pygmaeus*, *Myotis* spp., *Eptesicus* spp./*N. leisleri*, *T. teniotis*, *N. lasiopterus*, *B. barbastellus* e *Plecotus* spp. (Tabela 3). Houve um registo de *Rhinolophus ferrumequinum* em Marvão. Devido ao reduzido número de registos de *T. teniotis*, *N. lasiopterus*, *B. barbastellus* e *Plecotus* spp., estes foram considerados apenas na análise da actividade total. O número de espécies/grupos não divergiu significativamente entre os locais de amostragem (Figura 5). O máximo de espécies registado num ponto de amostragem foi de 7 em Marvão, Freixo e Grândola e o mínimo em todos os locais de amostragem foi de 3.



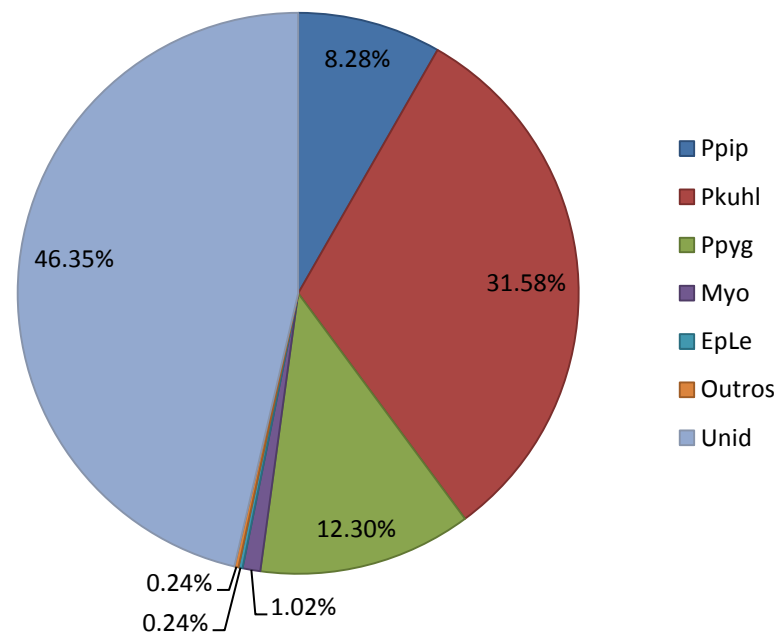
**Figura 5** – Número máximo (cinzento) e mínimo (branco) de espécies/grupos de morcegos identificadas por local de amostragem.

De acordo com os critérios estabelecidos durante a gravação e triagem de registos, foram obtidas e analisadas 27096 passagens de morcegos no total das 30 noites de amostragem. Foi possível identificar 14502 passagens até ao grupo ou espécie, o que corresponde a aproximadamente 53% do total. Os restantes 46% correspondem a 12594 passagens classificadas



como Unid, sendo que, dessas, 45% foram registadas em Grândola, onde o vento mais forte poderá ter comprometido a qualidade das gravações.

No total da actividade em todas as áreas de estudo, a espécie mais comum foi *P. kuhlii*, seguida de *P. pygmaeus* e *P. pipistrellus*. O género *Myotis* representa apenas 1% do total dos registos identificados, enquanto que, tanto *Eptesicus* spp./*N. leisleri* como as restantes espécies (*T. teniotis*, *N. lasiopterus*, *B. barbastellus* e *Plecotus* spp.) representam em conjunto apenas aproximadamente 0,5% (Figura 6).



**Figura 6** - Valor relativo (%) da actividade de cada espécie ou grupo identificados durante o estudo.

Em Grândola registou-se a maior actividade, com 7359 passagens e em Marvão a menor, com 2504. Todas as espécies/grupos foram identificadas em todas as áreas de estudo, à excepção de *N. lasiopterus* que só foi registada em Grândola, *T. teniotis* que não tem registos nas Lezírias I e *Plecotus* spp. que não foi registado nas Lezírias II (Tabela 3).

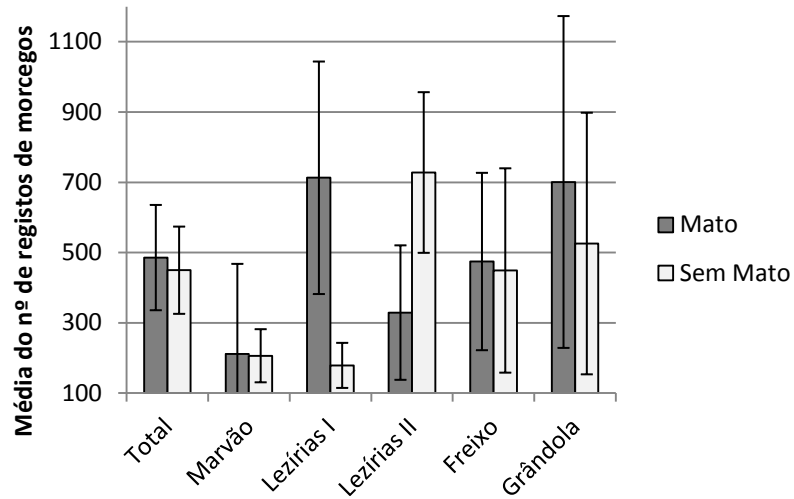
**Tabela 3** - Número total de cada espécie ou grupo identificado por local de amostragem. *Pipistrellus* spp. representa o total de *P.kuhlii*, *P.pygmaeus* e *P. pipistrellus*.

Espécie/Grupo	Local de amostragem					
	Marvão	Lezírias I	Lezírias II	Freixo	Grândola	Total
<i>Pipistrellus</i> spp.	1899	4093	3806	2658	1642	14098
<i>P. pipistrellus</i>	18	433	734	774	279	2238
<i>P. kuhlii</i>	969	3313	2660	1007	587	8536
<i>P. pygmaeus</i>	912	347	412	877	776	3324
<i>Myotis</i> spp.	128	19	84	30	15	276
<i>Eptesicus</i> spp./ <i>N. leisleri</i>	13	4	40	2	5	64
<i>T. teniotis</i>	1	0	2	9	19	31
<i>B. barbastellus</i>	3	1	2	2	2	10
<i>N. lasiopterus</i>	0	0	0	0	1	1
<i>Plecotus</i> spp.	7	2	0	9	4	22
Unid	453	1231	2408	2831	5604	12527
Total	2504	5350	6342	5541	7292	27029

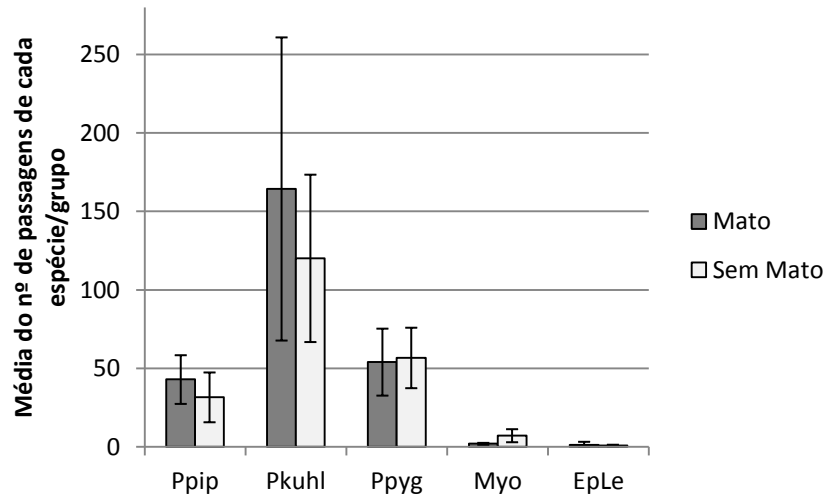
### 3.1.1. Actividade dos morcegos em áreas com e sem mato

A análise exploratória revelou que, à excepção das Lezírias II em que houve significativamente mais passagens na área limpa (teste t,  $p=0.006$ ), em todas as outras áreas registaram-se mais morcegos nas zonas de mato. O máximo de actividade foi registado nas Lezírias I, na zona de mato, sendo esta a outra única diferença significativa em termos de actividade dos morcegos (teste t,  $p=0.04$ ) (Figura 7).

Em termos de espécies, apenas o grupo *Myotis* spp. teve uma diferença significativa na sua actividade, sendo esta maior na zona sem mato (teste t,  $p=0.02$ ) (Figura 8). Os restantes grupos de espécies registados tiveram níveis de actividade idênticos tanto em montado limpo como em montado com mato, à excepção de *N. lasiopterus* que só foi registado uma vez na zona de mato.



**Figura 7** - Média da actividade ( $\pm$  I.C. a 95%) de morcegos por habitat em cada local de amostragem. Apenas áreas de amostragem realizadas na Companhia das Lezírias foram observadas diferenças significativas na actividade dos morcegos (Lezírias I:  $p=0.04$ ; Lezírias II:  $p=0.006$ ).



**Figura 8** - Média da actividade ( $\pm$  I.C. a 95%) de cada espécie ou grupo por zona. Não foram observadas diferenças significativas na actividade de cada grupo, à excepção de *Myotis* spp. (teste t,  $p=0.02$ ).

### 3.2 Abundância de presas

Capturaram-se 89538 artrópodes no total, pertencentes a 19 ordens (Tabela 4). Cerca de 40% destes foram capturados nas Lezírias I e 26% nas Lezírias II, sendo Grândola e Marvão os locais com menor percentagem de captura.

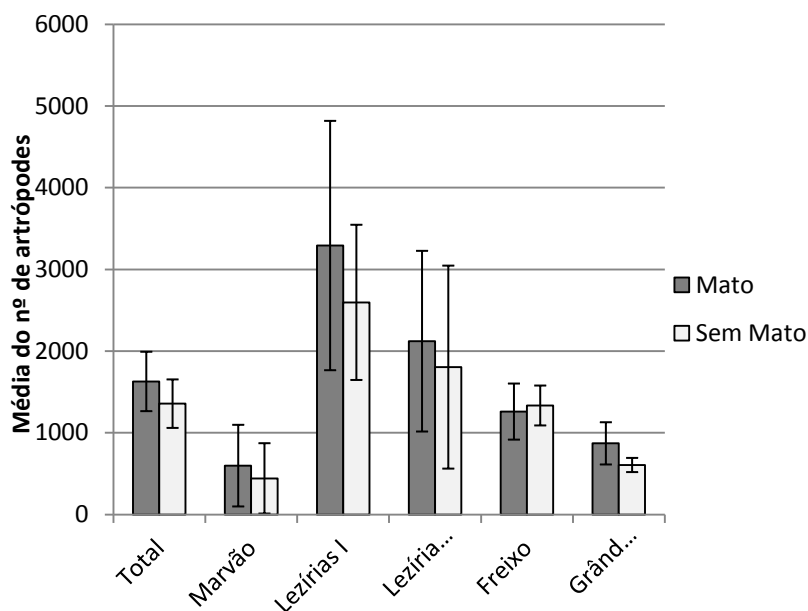
**Tabela 4** - Número de artrópodes de cada ordem capturada em cada local de amostragem.

Ordem	Local de amostragem					
	Marvão	Lezírias I	Lezírias II	Freixo	Grândola	Total
Aranae	30	49	40	50	82	251
Coleoptera	1400	14462	1792	2496	274	20424
Dermaptera	2	18	94	26	0	140
Dictyoptera	99	1400	87	434	204	2224
Diptera	1828	4337	5362	3217	665	15409
Ephemeroptera	0	1	0	0	0	1
Hemiptera	151	5915	2760	794	102	9722
Heteroptera	0	3	0	0	0	3
Homoptera	73	1273	130	103	241	1820
Hymenoptera	360	5098	10293	162	145	16058
Lepidoptera	2354	2951	2931	8076	6965	23277
Myriapoda	0	0	1	0	0	1
Neuroptera	8	0	8	5	19	40
Odonata	0	0	0	2	0	2
Orthoptera	24	625	41	31	111	832
Plecoptera	0	0	0	0	1	1
Pseudoscorpiones	0	2	1	2	3	8
Psocoptera	19	0	0	0	0	19
Trichoptera	19	9	10	163	45	246
Total	6240	9937	23550	15561	8858	64146

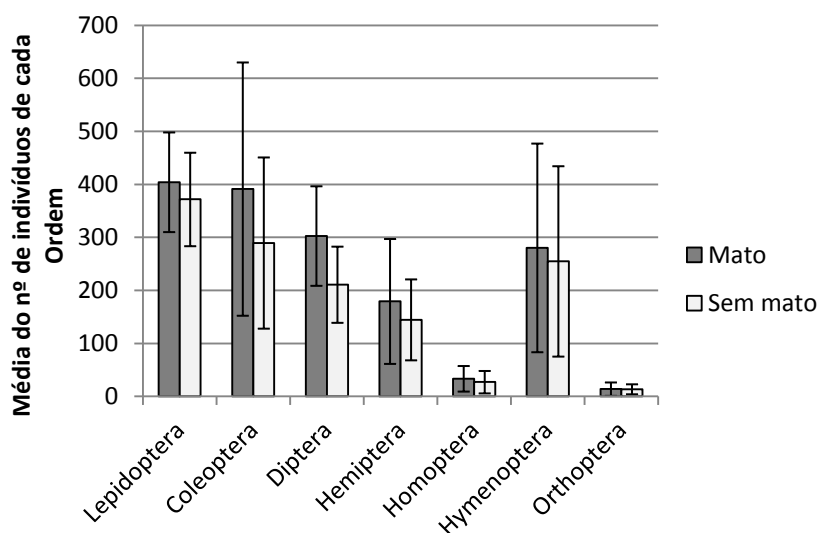
As ordens mais abundantes foram Lepidoptera, Coleoptera, Hymenoptera e Diptera. À exceção do Freixo, em todos os locais foram capturados mais insectos na área de mato do que na limpa, no entanto apenas nas áreas de Mato de Marvão e Grândola se observaram diferenças significativas ( $p=0.03$  para ambas) (Figura 9).

A abundância de cada Ordem não variou significativamente entre zona de mato e zona sem mato, à exceção da Ordem Diptera, cuja abundância foi significativamente maior nas zonas de mato (teste t,  $p=0.005$ ) (Figura 10).

Cerca de 96% dos artrópodes capturados mediam menos de 10 mm. Foram capturados mais artrópodes desta classe de tamanho nas áreas com mato, à exceção do Freixo, onde houve maior abundância na área sem mato.



**Figura 9** - Média ( $\pm$  I.C. a 95%) do número de artrópodes capturados em cada área de amostragem. Foram observadas diferenças significativas em Marvão ( $p=0.03$ ) e Grândola ( $p=0.03$ ).



**Figura 10** - Média ( $\pm$  I.C. a 95%) do número de indivíduos capturados das Ordens mais frequentes em cada zona. Foi apenas observada uma diferença significativa na Ordem Diptera ( $p=0.005$ ).

### 3.3 Parâmetros do habitat e da estrutura da vegetação influentes na actividade dos morcegos

Foram excluídas variáveis de pares com valores de colinearidade superiores a 0.7, resultando na exclusão das variáveis data, latitude, qualidade do solo, riqueza e altura de mato,

percentagem de cobertura de herbáceas, insectos menores e maiores que 5 mm, número de Lepidoptera, número de Coleoptera e número de Diptera (Tabela 5).

A partir das análises univariadas (Anexo III), excluíram-se as variáveis com valores de  $p$  superiores a 0.1. Foram excluídas as variáveis Copa do grupo *P. pipistrellus*, Copa20 dos *Myotis* spp. e DistAgua dos *Eptesicus* spp./*N. leisleri* por gerarem resultados instáveis. As restantes variáveis foram usadas na construção dos modelos GLMM que se encontram detalhados nas Tabelas 6 a 12. A reduzida variabilidade no número de espécies registadas entre os diferentes pontos de amostragem impossibilitou a modelação desta variável (Figura 5).

De acordo com os resultados da modelação, a actividade total dos morcegos parece ser superior em áreas com menor densidade do coberto arbóreo, mas também com presença de mato e na proximidade de pontos de água (Tabela 6). Como seria esperado, também a maior abundância de artrópodes se reflecte numa maior actividade dos morcegos.

**Tabela 5** - Resultados da análise de colinearidade através do método de Pearson. Excluiu-se a variável com menor significado biológico de cada par com valores superiores a 0.7.

	ID	Área	Data	DataJul	Lat	Long	TempMed	Vento	Lumin	Solo	DenArv	AltArv	DAP	Copa	Copa20	Copa100	RiqMato	AltMato	Mato	CobHerb	CobManta	Relevo	DistAgua	Artrópodes	Imaior10	Imenor10
ID	1.0																									
Área	1.0	1.0																								
Data	0.9	0.9	1.0																							
DataJul	1.0	1.0	0.9	1.0																						
Lat	-0.9	-0.9	-0.8	-0.9	1.0																					
Long	0.5	0.5	0.2	0.5	-0.7	1.0																				
Temp	-0.3	-0.3	-0.1	-0.3	0.4	-0.4	1.0																			
Vento	-0.2	-0.2	-0.5	-0.3	0.0	0.2	-0.3	1.0																		
Lumin	-0.2	-0.2	-0.1	-0.2	0.5	-0.6	0.0	-0.4	1.0																	
Solo	0.1	0.1	0.4	0.1	0.1	-0.7	0.3	-0.5	0.5	1.0																
DenArv	0.3	0.3	0.2	0.3	-0.4	0.3	-0.2	0.1	-0.2	-0.1	1.0															
AltArv	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	0.3	-0.3	0.2	-0.1	0.3	0.1	-0.6	1.0														
DAP	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	0.3	-0.2	0.3	-0.2	0.2	0.1	-0.7	0.7	1.0													
Copa	0.0	0.0	-0.1	0.0	-0.1	0.3	0.1	0.2	-0.1	-0.4	0.3	0.0	-0.1	1.0												
Copa20	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	0.4	-0.2	0.3	0.2	0.1	0.0	0.1	0.0	-0.1	0.3	1.0											
Copa100	-0.4	-0.4	-0.3	-0.4	0.4	-0.1	0.2	-0.2	0.2	0.0	0.1	-0.2	-0.3	0.2	0.6	1.0										
RiqMato	-0.2	-0.1	-0.2	0.0	-0.1	0.3	-0.1	0.3	-0.3	-0.3	0.0	-0.2	-0.3	-0.2	0.0	0.2	1.0									
AltMato	-0.2	0.0	-0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1	0.1	-0.1	-0.4	-0.2	0.2	0.2	0.7	1.0								
Mato	-0.1	0.0	0.0	0.1	-0.1	0.2	0.0	0.1	-0.1	-0.1	0.1	-0.1	-0.4	-0.1	0.1	0.1	0.7	0.9	1.0							
Herb	-0.1	-0.2	-0.2	-0.2	0.2	0.0	0.0	-0.1	0.1	0.0	-0.3	0.2	0.4	0.2	-0.1	-0.5	-0.7	-0.6	1.0							
Manta	0.2	0.1	0.0	0.1	-0.2	0.1	-0.1	0.1	-0.1	-0.2	0.2	0.2	0.1	0.2	0.0	-0.4	-0.4	-0.3	-0.3	0.2	1.0					
Relevo	0.4	0.4	0.6	0.3	-0.2	-0.5	0.1	-0.3	0.2	0.8	-0.1	0.1	0.1	-0.4	-0.3	-0.3	-0.2	0.0	-0.1	-0.2	-0.1	1.0				
DistAgua	0.7	0.7	0.8	0.7	-0.5	0.0	0.0	-0.5	0.1	0.5	0.1	-0.2	-0.2	0.0	-0.3	-0.2	-0.2	0.0	0.0	-0.1	0.1	0.5	1.0			
Artrópodes	-0.1	-0.1	-0.2	-0.1	0.0	0.5	-0.1	0.1	-0.3	-0.5	-0.1	-0.1	-0.1	0.2	0.0	0.1	0.3	0.0	0.0	0.1	-0.2	-0.5	-0.3	1.0		
Imaior10	0.5	0.5	0.5	0.5	-0.5	0.3	-0.1	-0.2	-0.3	0.0	0.2	-0.1	-0.1	0.0	-0.2	-0.2	0.0	0.1	0.1	-0.2	0.0	0.2	0.4	0.3	1.0	
Imenor10	-0.1	-0.1	-0.3	-0.1	0.0	0.5	-0.1	0.1	-0.3	-0.5	0.0	-0.1	-0.1	0.2	0.0	0.1	0.3	0.0	0.1	0.1	-0.1	-0.5	-0.4	1.0	0.3	1.0

**Tabela 6** - Modelo GLMM que relaciona a actividade total dos morcegos com as variáveis ambientais. (\*  $p < 0.05$ , \*\*  $p < 0.01$ , \*\*\* $p < 0.001$ ). Os acrónimos das variáveis estão listados na Tabela 2.

Espécie/grupo	Variável	AIC	Coef	Erro padrão	IC	z value	p-value	
Actividade total	(Intercept)	9337	3.7604	0.1818	[3.4040, 4.1198]	20.681	<2e-16	***
	DenArv		-0.013	0.004	[-0.0205, -0.0059]	-3.551	0.0004	***
	AltArv		0.315	0.010	[0.2952, 0.3354]	30.742	<2e-16	***
	Mato		0.297	0.015	[0.2690, 0.3259]	20.483	<2e-16	***
	DistAgua		-0.210	0.025	[-0.2595, -0.1596]	-8.229	<2e-16	***
	Artrópodes		0.798	0.077	[0.6462, 0.9493]	10.32	<2e-16	***

Também para o grupo *Pipistrellus* spp. (Tabela 7) a proximidade à água aparenta ser importante. A actividade deste grupo parece, também, ser superior em áreas com presença de mato e árvores altas de grandes copas.

**Tabela 7** - Modelo GLMM que relaciona a actividade do grupo *Pipistrellus* spp. com as variáveis ambientais. (\*  $p < 0.05$ , \*\*  $p < 0.01$ , \*\*\* $p < 0.001$ ). Os acrónimos das variáveis estão listados na Tabela 2.

Espécie/grupo	Variável	AIC	Coef	Erro padrão	IC	z value	p-value	
<i>Pipistrellus</i> spp.	(Intercept)	5318	1.880	0.137	[1.611, 2.1482]	13.72	<2e-16	***
	AltArv		0.411	0.012	[0.3873, 0.4346]	34.08	<2e-16	***
	Copa		0.014	0.001	[0.0121, 0.0167]	12.28	<2e-16	***
	Mato		0.296	0.022	[0.2533, 0.3386]	13.6	<2e-16	***
	DistAgua		-2.259	0.105	[-2.4639, -2.0538]	-21.59	<2e-16	***
	Agua2		1.201	0.064	[1.0756, 1.3263]	18.78	<2e-16	***
	Artrópodes		1.379	0.094	[1.1944, 1.5644]	14.62	<2e-16	***

*P. kuhlii* revelou preferências semelhantes, embora, em vez de copas extensas, prefira zonas mais planas (Tabela 8). Além disso, a abundância de artrópodes contribui para a actividade de ambos os grupos.

Por sua vez, *P. pipistrellus* (Tabela 9) aparenta ter preferência apenas para áreas planas com presença de mato.

**Tabela 8** - Modelo GLMM que relaciona a actividade da espécie *P. kuhlii* com as variáveis ambientais. (\* p< 0.05, \*\* p< 0.01, \*\*\*p< 0.001). Os acrónimos das variáveis estão listados na Tabela 2.

Espécie/grupo	Variável	AIC	Coef	Erro padrão	IC	z value	p-value	
<i>P. kuhlii</i>	(Intercept)	4125	0.872	0.210	[0.4599, 1.2832]	4.15	3.32E-05	***
	AltArv		0.740	0.019	[0.7030, 0.7771]	39.16	<2e-16	***
	Mato		0.108	0.029	[0.0506, 0.1656]	3.68	0.0002	***
	Relevo		-4.758	0.205	[-5.1602, -4,3555]	-23.17	<2e-16	***
	DistAgua		-3.912	0.152	[-4.2107, -3.6131]	-25.66	<2e-16	***
	Agua2		2.553	0.101	[2.3549, 2.7512]	25.25	<2e-16	***
	Artrópodes		1.337	0.114	[1.1137, 1.5600]	11.74	<2e-16	***

**Tabela 9** - Modelo GLMM que relaciona a actividade da espécie *P. pipistrellus* com as variáveis ambientais. (\* p< 0.05, \*\* p< 0.01, \*\*\*p< 0.001). Os acrónimos das variáveis estão listados na Tabela 2.

Espécie/grupo	Variável	AIC	Coef	Erro padrão	IC	z value	p-value	
<i>P. pipistrellus</i>	(Intercept)	1170	2.9974	0.6115	[1.7989, 4.1959]	4.902	9.49E-07	***
	Mato		0.752	0.060	[0.6345, 0.8697]	12.536	<2e-16	***
	Relevo		-2.225	0.400	[-3.0094, -1.4406]	-5.559	2.71E-08	***

A actividade de *P. pygmaeus* (Tabela 10) parece ser superior em áreas próximas à água, em que exista mato e com maior densidade de árvores de grande porte e copa extensa.

**Tabela 10** - Modelo GLMM que relaciona a actividade da espécie *P. pygmaeus* com as variáveis ambientais. (\* p< 0.05, \*\* p< 0.01, \*\*\*p< 0.001). Os acrónimos das variáveis estão listados na Tabela 2.

Espécie/grupo	Variável	AIC	Coef	Erro padrão	IC	z value	p-value	
<i>P. pygmaeus</i>	(Intercept)	1698	1.882	0.359	[1.1781, 2.5854]	5.115	3.13E-07	***
	DenArv		0.029	0.012	[0.0044, 0.0512]	2.332	0.0197	*
	DAP		0.033	0.003	[0.0403, 0.0273]	10.244	<2e-16	***
	Copa		0.018	0.003	[0.0227, 0.0128]	7.008	2.42E-12	***
	Mato		0.511	0.050	[0.6122, 0.4150]	10.213	<2e-16	***
	DistAgua		-1.174	0.245	[-0.7442, -1.7064]	-4.992	5.97E-07	***
	Agua2		0.330	0.130	[0.5721, 0.0633]	2.448	0.0144	*

As preferências do grupo dos *Myotis* (Tabela 11) dizem apenas respeito a árvores de grande porte, ou seja, maior diâmetro à altura do peito, e áreas sem a presença de mato, sendo este o único grupo em que o mato parece influir significativamente para a diminuição da sua actividade.



**Tabela 11** - Modelo GLMM que relaciona a actividade do grupo *Myotis* spp. com as variáveis ambientais. (\* p< 0.05, \*\* p< 0.01, \*\*\*p< 0.001). Os acrónimos das variáveis estão listados na Tabela 2.

Espécie/grupo	Variável	AIC	Coef	Erro padrão	IC	z value	p-value	
<i>Myotis</i> spp.	(Intercept)	194.5	-0.357	0.400	[-1.1415, 0.4270]	-0.893	0.3719	
	DAP		0.049	0.007	[0.0361, 0.0617]	7.461	8.59E-14	***
	Mato		-0.592	0.175	[-0.9353, -0.2489]	-3.381	0.0007	***

Para o grupo *Eptesicus* spp./ *N. leisleri* (Tabela 12), a única preferência diz respeito a áreas de menor coberto arbóreo. É de notar que este é o modelo menos robusto, devido à reduzida quantidade de registos deste grupo de espécies.

**Tabela 12** - Modelo GLMM que relaciona a actividade do grupo *Eptesicus* spp./*N. leisleri* com as variáveis ambientais. (\* p< 0.05, \*\* p< 0.01, \*\*\*p< 0.001). Os acrónimos das variáveis estão listados na Tabela 2.

Espécie/grupo	Variável	AIC	Coef	Erro padrão	IC	z value	p-value	
<i>Eptesicus</i> spp. / <i>N. leisleri</i>	(Intercept)	81.07	2.2586	0.8778	[0.5382, 3.9791]	2.573	0.0101	*
	DenArv		-0.302	0.083	[-0.4644, -0.1399]	-3.651	0.0003	***

Em suma, as variáveis que aparentam ter maior importância para a actividade dos morcegos no montado são a proximidade à água, a abundância de insectos e, principalmente, variáveis relacionadas com a estrutura da vegetação.

## 4. Discussão

### 4.1 Actividade dos morcegos

Neste estudo foi analisada a influência da estrutura da vegetação na actividade dos morcegos, testando diversas variáveis relativas à vegetação. Foram utilizadas também algumas variáveis físicas, relativas à paisagem e às condições ambientais.

A maioria dos registos obtidos corresponde às três espécies do género *Pipistrellus* existentes no nosso país. *P. kuhlii* foi aquela com mais registos, principalmente nas Lezírias, seguida de *P. pygmaeus*. O reduzido número de registos de *P. kuhlii* em Grândola, bem como das outras duas espécies de *Pipistrellus*, pode não corresponder exactamente à sua actividade, pois restaram deste local bastantes ficheiros que não foi possível identificar. Sendo assim, existe a possibilidade da actividade destas espécies ser muito maior do que o estimado neste local. É possível que se tenha obtido um número mais reduzido de *P. pygmaeus*, por esta espécie aparentar preferir zonas ripícolas (Russ & Montgomery, 2002). A distinção entre *P. pygmaeus* e *P. pipistrellus* é, por vezes, complicada, devido à plasticidade e variações geográficas dos seus chamamentos (Dietz et al., 2009; Lisón & Calvo, 2013; Rainho, 1997). Contudo, as bandas de frequências classificadas como não identificadas (Unid) permitem uma maior confiança nas classificações de cada espécie, além de que, sendo ambas espécies comuns no nosso país, os possíveis erros de identificação não deverão afectar os resultados.

Existem em Portugal 7 espécies do género *Myotis*. Os registos de *Myotis* spp. poderão dizer respeito a espécies como *M. bechsteinii*, pois é uma espécie florestal, embora rara, *M. daubentonii*, embora com menos probabilidade, devido à menor disponibilidade de massas de água ou *M. myotis* (Dietz et al., 2009; Rodrigues et al., 2011). Poderão também tratar-se de registos de *M. emarginatus* ou *M. escaleraei*, pois ambas as espécies parecem caçar em áreas florestadas e encontram-se em todo o território nacional (Palmeirim et al., 1999). É improvável que sejam registos de *M. blythii*, dada a sua raridade, ou de *M. mystacinus*, pois esta espécie tem sido encontrada apenas no Norte e Centro do país (Rodrigues et al., 2011).

Os registos identificados como *Eptesicus* spp./*N. leisleri* correspondem, mais provavelmente, à primeira espécie, pois é mais comum no Sul do país do que *N. leisleri* (Palmeirim, 1990; Rodrigues et al., 2011). Não temos, no entanto, informação para confirmar

que no montado seja assim. É possível que se trate, também, da espécie *E. isabellinus*, embora a sua distribuição ainda não seja clara em Portugal (Rodrigues et al., 2011).

Foi obtido apenas um registo de *N. lasiopterus* em Grândola. Esta espécie é pouco conhecida no nosso país, mas é provável que ocorra em quase todo o território continental, embora em baixas densidades (Cabral et al., 2005). Apesar das frequências emitidas por esta espécie serem bastante semelhantes às de *N. noctula*, é improvável que se trate desta última espécie, devido ao limite da sua distribuição e à sua reduzida abundância, particularmente na região Sul do país (Marques & Rainho, 2006).

*B. barbastellus*, apesar de ser considerada uma espécie rara (Rebello & Jones, 2010), foi registada em todas as áreas de amostragem. *Plecotus spp.* só não foi registado nas Lezírias II, sendo que os registos conseguidos dizem, provavelmente, respeito à espécie *P. austriacus*, pois é bastante mais comum que *P. auritus*, especialmente no sul do território (Rodrigues et al., 2011). As espécies deste género são bastante difíceis de registar pois emitem sinais de baixa intensidade (Rainho et al., 2011; Schnitzler & Kalko, 2001).

*R. ferrumequinum*, da qual se obteve apenas um registo, é uma espécie comum no Norte e Centro do país. É, contudo, muito difícil de registar com sistemas de gravações de ultrassons, devido aos seus chamamentos de frequências bastante elevadas (entre 78 e 84 kHz) (Rainho et al., 2011) que são rapidamente atenuadas pela atmosfera (Adams, 2012).

Não foram obtidas diferenças significativas na actividade dos morcegos entre zonas de mato e sem mato, à excepção das áreas das Lezírias. Tanto na zona de mato das Lezírias I, como na zona sem mato das Lezírias II houve significativamente mais actividade. Uma possível razão para estes padrões tão díspares poderá ser a maior proximidade a água destas duas zonas.

O único grupo de espécies com diferenças significativas foi *Myotis spp.*, sendo mais abundante nas zonas sem mato. Isto poderá estar relacionado com a facilidade na captura de presas do solo, já que muitas espécies deste grupo baseiam a sua estratégia de caça na captura dos insectos directamente a partir da vegetação ou do solo.

## **4.2 Abundância de presas**

As armadilhas de luz permitem obter rapidamente mais informação do que com outros métodos acerca da abundância de presas potenciais dos morcegos que se alimentam de artrópodes voadores (Adams, 2012).

Embora os morcegos possam caçar selectivamente quando a abundância de presas o permite, caçam também muitas vezes oportunisticamente (Dietz et al., 2009). Os principais componentes da alimentação da maioria das espécies do nosso país são Diptera. Muitas espécies alimentam-se também de Hymenoptera, Lepidoptera e Coleoptera (Dietz et al., 2009; Fuentes-Montemayor et al., 2013). Estes foram também os grupos mais capturados neste estudo.

A abundância de insectos foi significativamente maior nas zonas de mato de Marvão e Grândola. Ainda assim, apenas a Ordem Diptera teve uma abundância significativamente maior nas zonas de mato, o que pode explicar os maiores níveis de actividade dos morcegos aí registados. Ainda assim, as diferenças na actividade dos morcegos entre zonas com e sem mato não foram significativas, o que, corroborando diversos estudos (Dodd et al., 2012; Obrist et al., 2011), poderá implicar que a abundância de insectos só por si não determina quais os habitats preferidos por estes animais. Se, por um lado, os habitats com mato beneficiam as comunidades de artrópodes, oferecendo sobcoberto que não só abriga, como disponibiliza biomassa vegetal para alimento destes animais (Dodd et al., 2012; Meyer et al., 2004), por outro, a presença de gado, que contribui para a redução do coberto arbustivo, e dos respectivos excrementos nas áreas sem mato poderá também beneficiar alguns grupos de artrópodes que a eles se associem (Marques & Rainho, 2006), em particular alguns grupos de Coleoptera. Este é um componente importante na alimentação de várias espécies de *Myotis*, em particular *M. myotis* (Dietz et al., 2009; Zahn et al., 2006), o que poderá explicar os maiores níveis de actividade deste grupo nas zonas sem mato.

### **4.3 Parâmetros do habitat e da estrutura da vegetação na actividade dos morcegos**

Neste estudo foi analisada a influência da estrutura da vegetação na actividade dos morcegos, testando diversas variáveis com ela relacionadas. Foram utilizadas também algumas variáveis físicas, relativas à paisagem e às condições ambientais. Como era esperado, e corroborando outros estudos já efectuados (Dodd et al., 2012; Fuentes-Montemayor et al., 2013; Jaberg & Guisan, 2001; Müller et al., 2013), a estrutura da vegetação parece ser o factor que mais influencia a actividade deste grupo, acompanhada da distância à água e da abundância de presas.

Foi avaliada influência de alguns factores climáticos na actividade dos morcegos, mas a duração do período de amostragem (dois meses) terá resultado numa reduzida variação destes factores. A temperatura é importante para a actividade dos morcegos, na medida em que temperaturas reduzidas aumentam os custos energéticos da manutenção da temperatura corporal, além de influenciarem também a disponibilidade de insectos voadores (Brandt et al., 2007; Burles et al., 2009), sendo comum em outros estudos ocorrerem relações significativamente negativas entre a temperatura e a actividade dos morcegos (Hayes, 1997). Apesar disto, neste estudo a temperatura não obteve relações significativas com nenhum dos grupos registados, possivelmente por ter variado pouco durante a época de amostragem (Russo & Jones, 2003).

Existem também estudos em que a luminosidade de lua afecta negativamente a actividade dos morcegos. Pode contribuir para o aumento do risco de predação, principalmente nos trópicos, mas, no caso dos morcegos insectívoros de zonas temperadas, pode até ter uma influência positiva, ajudando a capturar presas (Ciechanowski et al., 2007; Meyer et al., 2004). No nosso estudo, não foi obtida uma relação significativa com esta variável para nenhum dos grupos. É possível que a cobertura das nuvens ou da copa tenha afectado a influência desta variável (Hayes, 1997), embora não seja algo possível de comprovar aqui.

Em vários estudos foi obtida uma relação negativa entre o vento e a actividade dos morcegos (Gaisler et al., 1998; Nicholls & Racey, 2006; Russo & Jones, 2003), mas os dados obtidos neste trabalho são insuficientes para avaliar correctamente a existência dessa relação.

#### **4.3.1 Actividade total dos morcegos**

Apesar de cada espécie ter as suas preferências, a actividade total dos morcegos aparenta ser superior em áreas de menor densidade arbórea, com árvores altas e presença de mato.

A relação negativa com a densidade de árvores corrobora diversos estudos (Erickson & West, 2003; Fuentes-Montemayor et al., 2013; Perry et al., 2007). É possível que uma floresta mais aberta facilite a navegação dos morcegos, até mesmo para as espécies com mais manobrabilidade, por causar menos ‘clutter’ em termos de ecolocalização e facilitar a navegação, devido ao maior espaço para tal (Obrist et al., 2011). Para as espécies que se abrigam nos troncos, uma floresta mais aberta pode também facilitar também a relocalização dos abrigos e pode ter benefícios em termos da termorregulação por permitir uma maior entrada de raios

solares (Perry et al., 2007). Contudo, esta não foi uma variável significativa para a maioria dos grupos aqui estudados.

Árvores mais altas correspondem a florestas maduras, habitat muitas vezes relacionado com a actividade de morcegos (Fuentes-Montemayor et al., 2013; Müller et al., 2013; Perry et al., 2007; Rebelo & Jones, 2010). É possível, também, que árvores mais maduras ofereçam uma maior disponibilidade de abrigos, em termos de buracos no tronco. Poderá ser, também, vantajoso em termos de espaço para voar entre o sobcoberto e a copa, local onde poderá existir bastante alimento.

A presença de mato parece contribuir bastante para o aumento da actividade dos morcegos, sendo uma variável significativa para diversos grupos. No geral, a presença de mais estratos de vegetação é benéfica não só para os morcegos, mas também para as suas presas, por oferecer um maior número de nichos ecológicos (Marques & Rainho, 2006; Threlfall et al., 2012).

A proximidade à água é reconhecidamente importantíssima para os morcegos, principalmente na região mediterrânica em que as secas durante o Verão são bastante rigorosas (Lisón & Calvo, 2013; Rainho & Palmeirim, 2011). Os morcegos são um grupo particularmente sensível à desidratação, devido à sua elevada área de superfície em relação ao volume corporal, aumentada pelas membranas das asas, o que faz com que percam água mais facilmente, além de que, só têm acesso à água durante a noite (Lourenço & Palmeirim, 2004). Os habitats aquáticos constituem também uma importantíssima zona de caça, pois são frequentemente locais com uma grande disponibilidade de alimento (Neuweiler, 1989; Rainho, 2007; Russo & Jones, 2003).

#### **4.3.2 *Pipistrellus* spp.**

As espécies do género *Pipistrellus* são as mais abundantes no nosso país e, também, as que obtiveram mais registos neste estudo.

Todas as espécies de *Pipistrellus* têm uma morfologia bastante semelhante, podendo ser distinguidas pelos sinais de ecolocalização, mas mesmo assim existem sobreposições, principalmente entre *P. pipistrellus* e *P. pygmaeus* (Barlow, 1997). As espécies deste género, das quais *P. pipistrellus* é talvez a mais generalista (Kusch & Schotte, 2007), alimentam-se principalmente de Diptera, mas podem também incluir Hymenoptera e Lepidoptera (Dietz et al., 2009; Fuentes-Montemayor et al., 2013) na sua alimentação. Ainda que as diferenças na

actividade das espécies de *Pipistrellus* não tenham sido significativas entre zonas, a maior abundância de Diptera nas zonas de mato poderá explicar o maior número de registos aí obtidos para este género.

No geral, o nosso estudo sugere que as espécies deste género parecem preferir habitats próximos de água com árvores altas, grande percentagem de copa e também com mato. A abundância de alimento é também um factor importante, em particular para *P. kuhlii*. Esta espécie aparenta preferir habitats semelhantes ao referido, embora a percentagem de copa não pareça ser influente. *P. kuhlii* parece preferir zonas relativamente planas e tem, de facto, sido associada, noutros estudos, a zonas de menor relevo (Russo & Jones, 2003). Ainda assim, tem sido documentado que esta espécie pode ser relativamente generalista, devido à plasticidade dos seus pulsos de ecolocalização (Russo & Jones, 2003).

No caso de *P. pipistrellus*, parece não haver preferência por um tipo de habitat específico, além de baixo relevo e presença de mato. Das três espécies do seu género, esta é a mais generalista, tanto em termos de habitat, como de alimentação, (Barlow, 1997; Bellamy et al., 2013; Brandt et al., 2007; Nicholls & Racey, 2006; Russ & Montgomery, 2002), pelo que não é de surpreender a ausência de variáveis significativas. Tal como *P. kuhlii*, *P. pipistrellus* apresenta pulsos de ecolocalização bastante variáveis e ambas as espécies apresentam também plasticidade na escolha de abrigos (Russo & Jones, 2003).

*P. pygmaeus* é comumente associado a habitats ripários e florestas (Barlow, 1997; Brandt et al., 2007; Nicholls & Racey, 2006; Russ & Montgomery, 2002). No nosso estudo, esta espécie aparenta preferir habitats próximos de água, com maior densidade de árvores de grande porte, ou seja, grande diâmetro à altura do peito, grande percentagem de copa e presença de mato. Tal como a altura das árvores, o DAP poderá estar relacionado com maior disponibilidade de abrigos nos troncos (Dietz & Pir, 2009). A alimentação desta espécie baseia-se principalmente em insectos com estágios larvares aquáticos (Stahlschmidt et al., 2012; Warren et al., 2000), o que pode explicar a sua relação com habitats aquáticos. É possível que não tenha sido obtida uma relação significativa com o número de artrópodes, pois a nossa amostragem foi feita apenas em zonas de montado relativamente afastadas de água. Habitats de vegetação densa, como os preferidos por esta espécie, podem contribuir para maior número de insectos e poderão, na ausência de água, tornar-se num local preferencial de caça, principalmente porque esta é uma

espécie de relativamente baixa mobilidade que caça apenas até 2 km de distância do seu abrigo (Davidson-Watts et al., 2006; Fuentes-Montemayor et al., 2013).

#### **4.3.3 *Myotis* spp.**

No nosso país existem sete espécies do género *Myotis* (Rodrigues et al., 2011). É muito difícil distingui-las apenas pela ecolocalização, mas a sua maioria utiliza principalmente abrigos em árvores (Dietz et al., 2009). O número de registos de *Myotis* spp. não permite a criação de um modelo robusto, pelo que o modelo apresentado deverá ser considerado com alguma precaução. Ainda assim, foram obtidas duas variáveis significativas para este grupo.

A actividade deste grupo aparenta ser beneficiada por árvores de grande diâmetro à altura do peito e ausência de mato. Muitos dos *Myotis* existentes no nosso país dependem das árvores para se abrigarem, o que pode explicar esta relação positiva com o DAP (Dietz et al., 2009).

Apesar de os *Myotis* terem pulsos de ecolocalização adaptados para voar em vegetação densa, devido à sua estrutura FM, curta duração e grande largura de banda, algumas espécies baseiam a sua estratégia de caça na captura dos insectos directamente a partir da vegetação ou do solo (Dietz et al., 2009; Fenton, 1997). Por esta razão, a presença de mato denso pode dificultar esta tarefa (Dodd et al., 2012). A abundância de alimento para certas espécies deste grupo não foi, também, adequadamente medida com o método utilizado, o que pode explicar a ausência de significância da respectiva variável.

#### **4.3.4 *Eptesicus* spp./ *N. leisleri***

Face ao número de registos desta espécie, também o modelo para este grupo deverá ser considerado com alguma precaução. Este modelo conservou somente uma variável, representando uma relação negativa com a densidade de árvores. Apesar das reservas em relação a este modelo, os resultados estão de acordo com os de outros estudos (Bondarenko, 2009; Jensen & Miller, 1999; Zukal & Řehák, 2006). *E. serotinus* é uma das maiores espécies da Europa e é frequentemente encontrada a voar sobre habitats abertos ou semi-abertos (Boughy et al., 2011; Ciechanowski et al., 2007). Apesar de os seus sinais de ecolocalização se dispersarem mais do que os de espécies mais pequenas, o que torna a associação directa com um habitat difícil, é possível que uma área com árvores mais espaçadas facilite a locomoção desta espécie. Tem sido também documentada a tendência desta espécie para voar a maiores altitudes (Jensen



& Miller, 1999; Müller et al., 2013; Zukal & Gajdosik, 2012), pelo que uma floresta mais densa poderá dificultar a sua orientação e captura de alimento, uma vez que este é capturado em vôos rápidos em redor de árvores ou em áreas abertas. É possível também a captura directamente do solo (Dietz et al., 2009; Zukal & Gajdosik, 2012). A ecologia da espécie *E. isabellinus* é ainda bastante desconhecida (Dietz et al., 2009; Harrison, et al., 1963), mas as suas semelhanças com *E. serotinus* poderão indicar preferências também semelhantes.

Também a espécie *N. leisleri* está adaptada para habitats mais abertos, voando a grandes velocidades logo acima ou abaixo das copas, especialmente por trilhos ou sobre zonas com água (Dietz et al., 2009).

#### **4.4 Gestão e conservação**

O grande objectivo da conservação é a preservação da biodiversidade e para uma conservação eficiente é necessário prever a resposta das espécies a mudanças nos habitats (Davidson-Watts et al., 2006). Para isso, é importante perceber quais as características dos habitats que influenciam os morcegos na sua escolha de abrigos e zonas de caça e de que forma os morcegos respondem a essas características (Perry et al., 2007).

Em particular no montado, é necessário manter-se um equilíbrio entre a produção e a conservação da Natureza. Há que fomentar a produtividade dos montados, de modo a que estes não percam o seu valor económico, aliando, ao mesmo tempo, esforços para a conservação da biodiversidade e de habitats a ela propícios.

A estrutura da vegetação contribui fortemente para a actividade das espécies de morcego no montado e verificou-se que estas têm diferentes preferências. Os resultados obtidos sugerem menor actividade total de morcegos em zonas de menor densidade de árvores, embora este factor esteja positivamente relacionado com espécies mais adaptadas para vegetação densa. No entanto, as árvores contribuem para o aumento da abundância de insectos e disponibilizam abrigos, tanto para os morcegos como para as suas presas. Deste modo, a área do montado deverá ser preservada com uma densidade de árvores intermédia, ou em densidade variável, de modo a poder abrigar tanto as espécies mais adaptadas a habitats semi-abertos ou abertos como aquelas que preferem vegetação mais fechada. Espécies adaptadas a habitats abertos podem não conseguir explorar facilmente habitats mais fechados, por não possuírem as adaptações necessárias para voar em ‘clutter’, mas espécies adaptadas a habitats fechados conseguem voar

em espaços abertos (Schnitzler & Kalko, 2001). A plantação e a regeneração natural de sobreiros devem ser incentivadas, dando ênfase à protecção dos rebentos de sobreiro para que não sejam destruídos.

A presença de mato demonstrou ser importante para diferentes grupos, mas também aparenta não ser benéfica para o género *Myotis*. É, então, importante que exista um sobcoberto arbustivo, embora este não deva ser demasiado denso, por aumentar o risco de fogo e poder afectar espécies pouco adaptadas a ‘clutter’. Deste modo, deve ser mantido um mosaico de sobcoberto natural arbustivo intercalado com áreas de exploração agrícola ou pastorícia. Uma maneira de conseguir este mosaico é através do pastoreio em sistema de rotatividade, proporcionando locais com diferentes intensidades de pastoreio, ou reservando, nas propriedades, áreas em que seja mantida a vegetação semi-natural (Marques & Rainho, 2006). A presença de mato poderá também contribuir para a germinação das bolotas e protecção dos rebentos, complementando as pastagens em termos de alimentação dos animais (Pereira et al., 2009).

Os morcegos dependem também bastante de habitats aquáticos, os quais são particularmente escassos nos Verões mediterrânicos. Por esta razão, devem ser conservadas as galerias ripícolas já existentes, mantendo ou recuperando também a vegetação envolvente, e incentivar a criação e manutenção de charcos artificiais, ao longo de toda a área, bem como de mais bebedouros para o gado, para evitar o pisoteio da vegetação ripícola por parte deste. Isto irá beneficiar não só os morcegos, mas também muitas das outras espécies existentes nestes habitats (Marques & Rainho, 2006)

Uma medida de conservação muito importante é a educação da população. Existem muitas crenças negativas acerca dos morcegos, o que pode prejudicar a implementação de medidas de conservação, além de que a falta de conhecimento da população geral sobre a ecologia destes animais leva, muitas vezes, à destruição ou perturbação de abrigos, podendo resultar na morte de muitos animais (Dietz et al., 2009). A educação da população, em particular dos agricultores, sendo que são eles os responsáveis pela gestão deste habitat, acerca da importância ecológica dos morcegos poderá aumentar a sua predisposição para a implementação de medidas de conservação.

## 4.5 Limitações do estudo e linhas de investigação futuras

Foi registada bastante actividade de morcegos nas áreas de montado. Contudo, o método de amostragem de morcegos empregue não permite obter dados em relação à abundância das espécies, pois actividade não é igual a abundância (Adams, 2013). Além disso, os registos obtidos pela utilização de gravadores podem ser influenciados pela atenuação atmosférica, em particular em espécies que emitem frequências elevadas (Schnitzler & Kalko, 2001). A monitorização abaixo da copa, como foi aqui feita, pode também falhar na medição da actividade de espécies que voem em céu aberto (Müller et al., 2013).

Ainda assim, a monitorização acústica é dos métodos mais utilizados para avaliar a preferência de morcegos por diferentes habitats. No nosso estudo foram utilizados os parâmetros de amostragem recomendados por diversos autores, como a amostragem durante, no mínimo, 2 a 5 noites por habitat e durante toda a noite, de modo a captar espécies mais raras (Skalak et al., 2012) e a utilização de vários gravadores num mesmo local (Adams, 2013). Contudo, para avaliar preferências em termos de habitat ou padrões de actividade, é recomendado um período de amostragem tão longo quanto possível, de modo a maximizar os dados referentes a espécies mais raras ou difíceis de registar (Skalak et al., 2012).

Será também importante avaliar a importância do montado comparativamente a outros habitats envolventes e como fonte de alimento e abrigo durante diferentes épocas do ano e a longo prazo, tendo em conta as variações na actividade dos morcegos. Também será vantajoso avaliar a influência dos factores aqui estudados a escalas maiores, pois o mosaico da paisagem pode influenciar as preferências dos morcegos (Bellamy et al., 2013; Fuentes-Montemayor et al., 2013; Threlfall et al., 2012). Poderão existir também outras variáveis, como por exemplo a humidade do ar, que afectam a actividade destes animais.

Apesar de permitirem obter uma grande quantidade de dados rapidamente, as armadilhas de luz para captura de insectos, não amostram igualmente todos os grupos, pois nem todos são atraídos pela luz. Além disso, estando quase ao nível do solo, não permitiram, neste estudo, uma amostragem dos insectos disponíveis em diferentes estratos (Adams, 2012). Uma amostragem a esse nível, poderia permitir compreender melhor a disponibilidade de alimento e também a influência das variáveis descritas. Uma outra desvantagem é o facto de as armadilhas de luz não amostrarem correctamente insectos do solo, importantes para a dieta de *M. myotis* e não só.

## 5. Considerações finais

Registaram-se 9 grupos de morcegos, incluindo as espécies mais comuns e também algumas raras, como *B. barbastellus*.

Este estudo revelou resultados que corroboram a importância da estrutura da vegetação para a actividade dos morcegos. A presença de mato parece ter um efeito positivo na actividade das espécies/grupos analisados, à excepção do grupo *Myotis* spp., para o qual o efeito é negativo, e *Eptesicus* spp. /*N. leisleri*, para o qual esta variável não é significativa. Não houve diferenças na riqueza das espécies entre as zonas com e sem mato e nenhuma das variáveis avaliadas influenciou significativamente o número de espécies.

A abundância de artrópodes não foi, também, significativamente diferente entre zonas com e sem mato, à excepção da Ordem Diptera cuja abundância foi maior nas zonas de mato. Os grupos capturados mais frequentemente foram também aqueles que são considerados os mais importantes para a alimentação das espécies de morcegos registadas.

Áreas próximas de água, com uma maior densidade de árvores altas e com presença de mato parecem influenciar positivamente a actividade dos morcegos. A abundância de artrópodes foi, também, uma variável importante para a actividade total dos morcegos, em particular *P. kuhlii*. Maior percentagem de copa parece influenciar positivamente a espécie *P. pygmaeus*. Por sua vez, o grupo *Eptesicus* spp./ *N. leisleri* prefere habitats com menor densidade de árvores.

Deste modo, as medidas de conservação deverão basear-se na preservação de áreas de montado com um mosaico de estrutura da vegetação tanto arbórea como arbustiva, que poderá ser conseguida com medidas de incentivo à plantação e regeneração natural de sobreiros em certas áreas. Deve, assim, ser mantida alguma percentagem de sobcoberto arbustivo intercalado com áreas de exploração agrícola ou pastorícia, de modo a aumentar a quantidade de alimento disponível e beneficiar, simultaneamente, espécies de habitats fechados e abertos. É de criar áreas de vegetação menos densa ou clareiras, que beneficiem as espécies menos adaptadas aos habitats fechados, como é o caso de *Eptesicus* spp. /*N. leisleri*. A criação de charcos artificiais ou de bebedouros que mantenham água disponível nos meses mais secos, deverá beneficiar a actividade total dos morcegos. Além disso, é necessário continuar e aprofundar os estudos da ecologia das espécies, de modo a que as medidas de gestão do habitat implementadas se tornem cada vez mais eficientes em termos económicos e ecológicos. Tudo isto deve ser aliado à

educação da população e dos agricultores, para que a implementação dos métodos de preservação seja facilitada.

## 6. Referências\*

- Adams, A.M., 2013. Assessing and analyzing bat activity with acoustic monitoring: challenges and interpretations. University of Western Ontario.
- Adams, M.D., 2012. Vertical stratification of insectivorous bats (Microchiroptera) in harvested forests: assessing the role of structural clutter in shaping patterns of flight activity. University of Wollongong.
- Agência Estatal de Meteorologia de Espanha & Instituto de Meteorologia de Portugal. (2009) Atlas Climático Ibérico, Paracuellos de Jarama, Espanha.
- Barataud, M., 2012. Ecologie acoustique des chiroptères d'Europe: identification des espèces, étude de leurs habitats et comportements de chasse. Collection Inventaires et biodiversité, Biotope Editions (Mèze) et Publications scientifiques du Muséum National d'Histoire Naturelle (Paris).
- Barlow, K.E., 1997. The diets of two phonic types of the bat *Pipistrellus pipistrellus* in Britain. J. Wildl. Manage. 243, 597–609.
- Bates, D.M., 2010. lme4: Mixed-effects modeling with R.
- Bellamy, C., Scott, C., Altringham, J., 2013. Multiscale, presence-only habitat suitability models: fine-resolution maps for eight bat species. J. Appl. Ecol. 50, 892–901.
- Belo, C.C., Pereira, M.S., Moreira, A.C., Coelho, I.S., Onofre, N., Paulo, A.A., 2009. Montado, in: Ecossistemas e Bem-Estar Humano - Avaliação Para Portugal Do Millenium Ecosystem Assessment. Escolar Editora, pp. 251–293.
- Blondel, J., 2006. The ‘Design’ of Mediterranean Landscapes: A Millennial Story of Humans and Ecological Systems during the Historic Period. Hum. Ecol. 34, 713–729.
- Bondarenko, A., 2009. Seasonal variations in distribution patterns and movements of bats in relation to habitat characteristics. Uppsala University.
- Boughey, K.L., Lake, I.R., Haysom, K.A., Dolman, P.M., 2011. Improving the biodiversity benefits of hedgerows: How physical characteristics and the proximity of foraging habitat affect the use of linear features by bats. Biol. Conserv. 144, 1790–1798.
- Boyles, J.G., Cryan, P.M., Mccracken, G.F., Kunz, T.H., 2011. Economic importance of bats in agriculture. Science 332, 41–42.
- Brandt, G., Blows, L., Linton, D., Prescott, C., 2007. Habitat associations of British bat species on lowland farmland within the Upper Thames catchment area. Cent. Wildl. Assess. Conserv. Res. E-journal 1, 10–19.

- Burles, D.W., Brigham, R.M., Ring, R.A., Reimchen, T.E., 2009. Influence of weather on two insectivorous bats in a temperate Pacific Northwest rainforest. *Can. J. Zool.* 87, 132–138.
- Burnham, K.P., Anderson, D.R., 2002. Model selection and multimodel inference. A practical information-theoretic approach, 2nd ed. Springer-Verlag, New York.
- Cabral, M.J.C., Almeida, J., Almeida, P.R., Dellinger, T., Almeida, F. de N., Oliveira, M. E., Palmeirim, J. M., Queiroz, A. I., Rogado, L., Santos-Reis, M., 2005. Livro Vermelho dos Vertebrados de Portugal, 1st ed. Instituto da Conservação da Natureza, Lisboa.
- Carmel, Y., Safriel, U., 1998. Habitat use by bats in a Mediterranean ecosystem in Israel—Conservation implications. *Biol. Conserv.* 84, 245–250.
- Chinery, M., 1993. Insects of Britain and Northern Europe (Collins Field Guide), 3rd ed. Harper Collins.
- Chinery, M., 2012. Insects of Britain and Western Europe, 2nd ed. A & C Black.
- Ciechanowski, M., Zając, T., Biłas, A., Dunajski, R., 2007. Spatiotemporal variation in activity of bat species differing in hunting tactics: effects of weather, moonlight, food abundance, and structural clutter. *Can. J. Zool.* 85, 1249–1263.
- Crome, F.H.J., Richards, G.C., 1988. Bats and gaps: Microchiropteran community structure in a Queensland rain forest. *Ecology* 69, 1960–1969.
- Davidson-Watts, I., Walls, S., Jones, G., 2006. Differential habitat selection by *Pipistrellus pipistrellus* and *Pipistrellus pygmaeus* identifies distinct conservation needs for cryptic species of echolocating bats. *Biol. Conserv.* 133, 118–127.
- De Miguel, J.M., Sal, A.G., 2002. Diversidad y funcionalidad de los paisajes agrarios tradicionales, in: La Diversidad Biológica de España.
- Dietz, C., Helversen, O., Nill, D., 2009. Bats of Britain, Europe & Northwest Africa. A & C Black Publishers Ltd.
- Dietz, M., Pir, J.B., 2009. Distribution and habitat selection of *Myotis bechsteinii* in Luxembourg: implications for forest management and conservation. *Folia Zool.* 58, 327–340.
- Direcção Geral do Ambiente. (1995). Atlas do Ambiente. Direcção Geral do Ambiente. Lisboa. Acedido em Julho de 2013 através de: <http://sniamb.apambiente.pt/webatlas/>
- Dodd, L.E., Lacki, M.J., Britzke, E.R., Buehler, D.A., Keyser, P.D., Larkin, J.L., Rodewald, A.D., Wigley, T.B., Wood, P.B., Rieske, L.K., 2012. Forest structure affects trophic linkages: How silvicultural disturbance impacts bats and their insect prey. *For. Ecol. Manage.* 267, 262–270.

- Erickson, J.L., West, S.D., 2003. Associations of bats with local structure and landscape features of forested stands in western Oregon and Washington. *Biol. Conserv.* 109, 95–102.
- Fenton, M.B., 1997. Science and the conservation of bats. *J. Mammal.* 78, 1–14.
- Fenton, M.B., 2003. Eavesdropping on the echolocation and social calls of bats. *Mammal* 33, 193–204.
- Fenton, M.B., 2013. Questions, ideas and tools: lessons from bat echolocation. *Anim. Behav.* 85, 869–879.
- Fuentes-Montemayor, E., Goulson, D., Cavin, L., Wallace, J.M., Park, K.J., 2013. Fragmented woodlands in agricultural landscapes: The influence of woodland character and landscape context on bats and their insect prey. *Agric. Ecosyst. Environ.* 172, 6–15.
- Gaisler, J., Zukal, J., Rehak, Z., Homolka, M., 1998. Habitat preference and flight activity of bats in a city. *J. Zool.* 244, 439–445.
- Gibb, T., Oseto, C., 2005. *Arthropod Collection and Identification: Laboratory and Field Techniques*, 1st ed. Academic Press.
- Godinho, C., Rabaça, J.E., 2011. Birds like it Corky: the influence of habitat features and management of ‘montados’ in breeding bird communities. *Agrofor. Syst.* 82, 183–195.
- Gonçalves, P., Alcobia, S., Simões, L., Santos-Reis, M., 2011. Effects of management options on mammal richness in a Mediterranean agro-silvo-pastoral system. *Agrofor. Syst.* 85, 383–395.
- Guisan, A., Zimmermann, N.E., 2000. Predictive habitat distribution models in ecology. *Ecol. Modell.* 135, 147–186.
- Hammer, M., 2009. Koordinationsstellen für Fledermausschutz in Bayern 1–16.
- Harrison, D.L., M.A., M.B., B.C., 1963. Observations on the North African serotine bat, *Eptesicus isabellinus* (Temminck, 1840) (Mammalia:Chiroptera). *Zool. Meded.* 38, 207–213.
- Hayes, J.P., 1997. Temporal variation in activity of bats and the design of echolocation-monitoring studies. *J. Mammal.* 78, 514–524.
- Hourigan, C.L., Catterall, C.P., Jones, D., Rhodes, M., 2008. Comparisons of harp trap and bat detector efficiency for surveying bats in an urban landscape. *Wildl. Res.* 8, 768–774.
- Hutson, A.M., Mickleburgh, S.P., Racey, P.A., 2001. *Microchiropteran bats: global status survey and conservation action plan*. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK.



- Jaberg, C., Guisan, A., 2001. Modelling the distribution of bats in relation to landscape structure in a temperate mountain environment. *J. Appl. Ecol.* 38, 1169–1181.
- Jensen, M.E., Miller, L.A., 1999. Echolocation signals of the bat *Eptesicus serotinus* recorded using a vertical microphone array: effect of flight altitude on searching signals. *Behav. Ecol. Sociobiol.* 47, 60–69.
- Jones, G., 2005. Echolocation. *Curr. Biol.* 15.
- Jones, G., Jacobs, D., Kunz, T., Willig, M., Racey, P., 2009. Carpe noctem: the importance of bats as bioindicators. *Endanger. Species Res.* 8, 93–115.
- Kalka, M.B., Smith, A.R., Kalko, E.K. V, 2008. Bats limit arthropods and herbivory in a tropical forest. *Science* 320, 71.
- Kunz, T.H., Braun de Torrez, E., Bauer, D., Lobova, T., Fleming, T.H., 2011. Ecosystem services provided by bats. *Ann. N. Y. Acad. Sci.* 1223, 1–38.
- Kusch, J., Schotte, F., 2007. Effects of fine-scale foraging habitat selection on bat community structure and diversity in a temperate low mountain range forest. *Folia Zool.* 56, 263–276.
- Kusch, J., Weber, C., Idelberger, S., Koob, T., 2004. Foraging habitat preferences of bats in relation to food supply and spatial vegetation structures in a western European low mountain range forest. *Folia Zool.* 53, 113–128.
- Leal, A.I., Correia, R.A., Granadeiro, J.P., Palmeirim, J.M., 2011. Impact of cork extraction on birds: Relevance for conservation of Mediterranean biodiversity. *Biol. Conserv.* 144, 1655–1662.
- Lisón, F., Calvo, J.F., 2013. Ecological niche modelling of three pipistrelle bat species in semiarid Mediterranean landscapes. *Acta Oecologica* 47, 68–73.
- Lourenço, S., 2000. Inventariação morcegos e determinação dos seus biótopos de alimentação em Áreas Protegidas.
- Lourenço, S.I., Palmeirim, J.M., 2004. Influence of temperature in roost selection by *Pipistrellus pygmaeus* (Chiroptera): relevance for the design of bat boxes. *Biol. Conserv.* 119, 237–243.
- Marques, J.T., Rainho, A., 2006. GAPS - Gestão Activa e Participada do Sítio de Monfurado - Relatório Técnico e Financeiro Final.
- Marques, J.T., Rainho, A., Carapuço, M., Oliveira, P., Palmeirim, J., 2004. Foraging behaviour and habitat use by the European free-tailed bat *Tadarida teniotis*. *Acta Chiropterologica* 6, 99–110.

- Meyer, C.F.J., Schwarz, C.J., Fahr, J., 2004. Activity patterns and habitat preferences of insectivorous bats in a West African forestsavanna mosaic. *J. Trop. Ecol.* 20, 397–407.
- Mickleburgh, S.P., Hutson, A.M., Racey, P.A., 2002. A review of the global conservation status of bats. *Oryx* 36, 18–34.
- Milne, D.J., 2002. Key to the bat calls of the top end of the northern territory.
- Müller, J., Brandl, R., Buchner, J., Pretzsch, H., Seifert, S., Strätz, C., Veith, M., Fenton, B., 2013. From ground to above canopy—Bat activity in mature forests is driven by vegetation density and height. *For. Ecol. Manage.* 306, 179–184.
- Myers, N., Mittermeier, R.A., Mittermeier, C.G., da Fonseca, G.A., Kent, J., 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403, 853–8.
- Neuweiler, G., 1984. Foraging, echolocation and audition in bats. *Naturwissenschaften* 71, 446–455.
- Neuweiler, G., 1989. Foraging ecology and audition in echolocating bats. *Trends Ecol. Evol.* 4, 160–166.
- Nicholls, B., Racey, P.A., 2006. Habitat selection as a mechanism of resource partitioning in two cryptic bat species *Pipistrellus pipistrellus* and *Pipistrellus pygmaeus*. *Ecography* 29, 697–708.
- Nielsen, A.L., Holmstrom, K., Hamilton, G.C., Cambridge, J., Ingerson-Mahar, J., 2013. Use of black light traps to monitor the abundance, spread, and flight behavior of halyomorpha halys (Hemiptera: Pentatomidae). *J. Econ. Entomol.* 106, 1495–1502.
- O’Farrell, M.J., Gannon, W.L., 1999. A comparison of acoustic versus capture techniques for the inventory of bats. *J. Mammal.* 80, 24–30.
- O’Farrell, M.J., Miller, B.W., Gannon, W.L., 1999. Qualitative identification of free-flying bats using the Anabat detector. *J. Mammal.* 80, 11–23.
- Obrist, M.K., Boesch, R., Flückiger, P.F., 2004. Variability in echolocation call design of 26 Swiss bat species: consequences, limits and options for automated field identification with a synergetic pattern recognition approach. *Mammalia* 68, 307–322.
- Obrist, M.K., Rathey, E., Bontadina, F., Martinoli, A., Conedera, M., Christe, P., Moretti, M., 2011. Response of bat species to sylvo-pastoral abandonment. *For. Ecol. Manage.* 261, 789–798.
- Olea, L., Miguel-Ayanz, A.S., 2006. The Spanish dehesa. A traditional Mediterranean silvopastoral system linking production and nature conservation. *Grassl. Sci. Eur.* 11, 3–13.

- Owen, S., Menzel, M., Edwards, J., 2004. Bat activity in harvested and intact forest stands in the Allegheny Mountains. *North. J. Appl. For.* 21, 154–159.
- Palmeirim, J., 1990. Bats of Portugal: Zoogeography and Systematics.
- Palmeirim, J.M., Rodrigues, L., Rainho, A., Ramos, M.J., 1999. Chiroptera. Guia dos Mamíferos Terrestres de Portugal Continental, Açores e Madeira, Edições M. L., Instituto da Conservação da Natureza, Centro de Biologia Ambiental da Universidade de Lisboa, Lisboa.
- Paracchini, M.L., Petersen, J., Hoogeveen, Y., Bamps, C., Burfield, I., Swaay, C. Van, 2008. High Nature Value Farmland in Europe [WWW Document]. High Nat. Value Farml. Eur. Estim. Distrib. patterns basis L. Cover Biodivers. data, Jt. Res. Centre–Institute Environ. Sustain. URL Final\_Report.pdf
- Parsons, S., Jones, G., 2000. Acoustic identification of twelve species of echolocating bat by discriminant function analysis and artificial neural networks. *J. Exp. Biol.* 203, 2641–56.
- Patriquin, K.J., Barclay, R.M.R., 2003. Foraging by bats in cleared, thinned and unharvested boreal forest. *J. Appl. Ecol.* 40, 646–657.
- Pereira, J.S., Correia, Alexandra, Correia, Alexandre, Borges, J.G., 2009. Floresta, in: *Ecosystemas e Bem-Estar Humano - Avaliação Para Portugal Do Millenium Ecosystem Assessment*. Escolar Editora, pp. 183–211.
- Pereira, M.J., Rebelo, H., Rainho, A., Palmeirim, J.M., 2002. Prey selection by *Myotis myotis* (Vespertilionidae) in a Mediterranean region. *Acta Chiropterologica* 4, 183–193.
- Pereira, P.M., Fonseca, M.P., 2003. Nature vs. Nurture: the Making of the Montado Ecosystem. *Conserv. Ecol.* 7.
- Perry, R.W., Thill, R.E., Leslie, D.M., 2007. Selection of roosting habitat by forest bats in a diverse forested landscape. *For. Ecol. Manage.* 238, 156–166.
- Pinto-Correia, T., 1993. Threatened landscape in Alentejo, Portugal: the ‘montado’ and ‘agro-silvo-pastoral’ systems. *Landsc. Urban Plan.* 24, 43–48.
- Pinto-Correia, T., 2000. Future development in Portuguese rural areas: how to manage agricultural support for landscape conservation? *Landsc. Urban Plan.* 50, 95–106.
- Pinto-Correia, T., Mascarenhas, J., 1999. Contribution to the extensification/intensification debate: new trends in the Portuguese montado. *Landsc. Urban Plan.* 46, 125–131.
- Pinto-Correia, T., Ribeiro, N., Sá-Sousa, P., 2011. Introducing the montado, the cork and holm oak agroforestry system of Southern Portugal. *Agrofor. Syst.* 82, 99–104.

- Plieninger, T., Wilbrand, C., 2001. Land use, biodiversity conservation, and rural development in the dehesas of Cuatro Lugares, Spain. *Agrofor. Syst.* 51, 23–34.
- Rabaça, J. E. (1990). The influence of shrubby understory in breeding bird communities of cork oak (*Quercus suber*) woodlands in Portugal. *Portugaliae Zoologica*, 1(1), 1–6.
- Rainho, A., 1997. Estudo preliminar dos morcegos presentes no Parque Natural da Ria Formosa, Zona de Protecção Especial do Estuário do Tejo e Reserva Natural do Sapal de Castro Marim.
- Rainho, A., 2007. Summer foraging habitats of bats in a Mediterranean region of the Iberian Peninsula. *Acta Chiropterologica* 9, 171–181.
- Rainho, A., Amorim, F., Marques, J.T., Alves, P., Rebelo, H., 2011. Chave de identificação de vocalizações dos morcegos de Portugal continental.
- Rainho, A., Augusto, A.M., Palmeirim, J.M., 2010. Influence of vegetation clutter on the capacity of ground foraging bats to capture prey. *J. Appl. Ecol.* 47, 850–858.
- Rainho, A., Palmeirim, J.M., 2011. The importance of distance to resources in the spatial modelling of bat foraging habitat. *PLoS One* 6, e19227.
- Rainho, A., Rodrigues, L., Bicho, S., Franco, C., Palmeirim, J., 1998. Morcegos das áreas protegidas portuguesas. Lisboa.
- Rebelo, H., Jones, G., 2010. Ground validation of presence-only modelling with rare species: a case study on barbastelles *Barbastella barbastellus* (Chiroptera: Vespertilionidae). *J. Appl. Ecol.* 47, 410–420.
- Rebelo, H., Rainho, A., 2003. Acções de Conservação de Morcegos na Área de Regolfo de Alqueva + Pedrogão.
- Rebelo, R., Correia, A.I., Fonseca, F., Luz, M., 2009. Herdade da Ribeira Abaixo e Serra de Grândola, in: *Ecosistemas e Bem-Estar Humano - Avaliação Para Portugal Do Millenium Ecosystem Assessment*. Escolar Editora, pp. 637–659.
- Rodrigues, L., Alves, P., Silva, B., João, M., 2011. Chave ilustrada simplificada de identificação das espécies de morcegos presentes em Portugal Continental.
- Runkel, V., 2008. Mikrohabitatnutzung syntoper Waldfledermäuse. Universität Erlangen-Nürnberg.
- Russ, J.M., Montgomery, W.I., 2002. Habitat associations of bats in Northern Ireland: implications for conservation. *Biol. Conserv.* 108, 49–58.

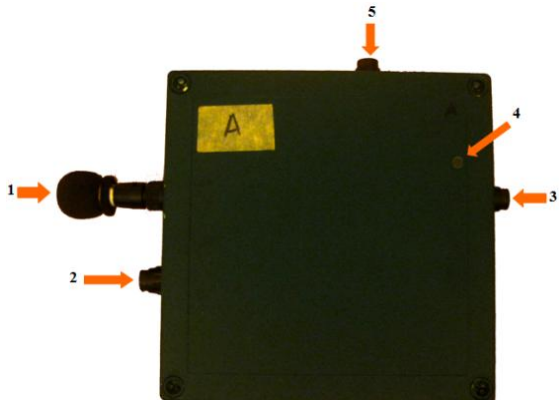
- Russo, D., Jones, G., 2002. Identification of twenty-two bat species (Mammalia: Chiroptera) from Italy by analysis of time-expanded recordings of echolocation calls. *J. Zool.* 258, 91–103.
- Russo, D., Jones, G., 2003. Use of foraging habitats by bats in a Mediterranean area determined by acoustic surveys: conservation implications. *Ecography (Cop.)*. 26, 197–209.
- Schnitzler, H., Kalko, E., 2001. Echolocation by insect-eating bats. *Bioscience* 51, 557–569.
- Skalak, S.L., Sherwin, R.E., Brigham, R.M., 2012. Sampling period, size and duration influence measures of bat species richness from acoustic surveys. *Methods Ecol. Evol.* 3, 490–502.
- Sleep, D.J.H., Brigham, R.M., 2003. An experimental test of clutter tolerance in bats. *J. Mammal.* 84, 216–224.
- Stahlschmidt, P., Pätzold, A., Ressler, L., Schulz, R., Brühl, C.A., 2012. Constructed wetlands support bats in agricultural landscapes. *Basic Appl. Ecol.* 13, 196–203.
- Swift, S.M., Racey, P.A., Avery, M.I., 1985. Feeding ecology of *Pipistrellus pipistrellus* (Chiroptera: Vespertilionidae) during pregnancy and lactation II Diet. *J. Anim. Ecol.* 54, 217–225.
- Tabachnick, B., Fidell, L., 1996. *Using Multivariate Statistics*, 3rd ed. HarperCollins Publishers, New York.
- Tellería, J.L., 2001. Passerine bird communities of Iberian dehesas: a review. *Anim. Biodivers. Conserv.* 24, 67–78.
- Tews, J., Brose, U., Grimm, V., Tielbörger, K., Wichmann, M.C., Schwager, M., Jeltsch, F., 2004. Animal species diversity driven by habitat heterogeneity/diversity: the importance of keystone structures. *J. Biogeogr.* 31, 79–92.
- Threlfall, C.G., Law, B., Banks, P.B., 2012. Influence of landscape structure and human modifications on insect biomass and bat foraging activity in an urban landscape. *PLoS One* 7.
- Tigner, J., Stukel, E.D., 2003. Bats of the Black Hills - A description of status and conservation needs.
- Tupinier, Y., 1997. European bats: their world of sounds.
- Walters, C.L., Freeman, R., Collen, A., Dietz, C., Brock Fenton, M., Jones, G., Obrist, M.K., Puechmaille, S.J., Sattler, T., Siemers, B.M., Parsons, S., Jones, K.E., 2012. A continental-scale tool for acoustic identification of European bats. *J. Appl. Ecol.* 49, 1064–1074.

- Warren, R.D., Waters, D. a., Altringham, J.D., Bullock, D.J., 2000. The distribution of Daubenton's bats (*Myotis daubentonii*) and pipistrelle bats (*Pipistrellus pipistrellus*) (Vespertilionidae) in relation to small-scale variation in riverine habitat. Biol. Conserv. 92, 85–91.
- Weller, T., Cryan, P., O'Shea, T., 2009. Broadening the focus of bat conservation and research in the USA for the 21st century. Endanger. Species Res. 8, 129–145.
- Zahn, A., Rottenwallner, A., Guttinger, R., 2006. Population density of the greater mouse-eared bat (*Myotis myotis*), local diet composition and availability of foraging habitats. J. Zool. 269, 486–493.
- Zahn, A., Rodrigues, L., Rainho, A., Palmeirim, J., 2007. Critical times of the year for *Myotis myotis*, a temperate zone bat: roles of climate and food resources. Acta Chiropterologica 9, 115–125.
- Zukal, J., Gajdosik, M., 2012. Diet of *Eptesicus serotinus* in an agricultural landscape. Vespertilio 16, 357–363.
- Zukal, J., Řehák, Z., 2006. Flight activity and habitat preference of bats in a karstic area, as revealed by bat detectors. Folia Zool. 55, 273–281.

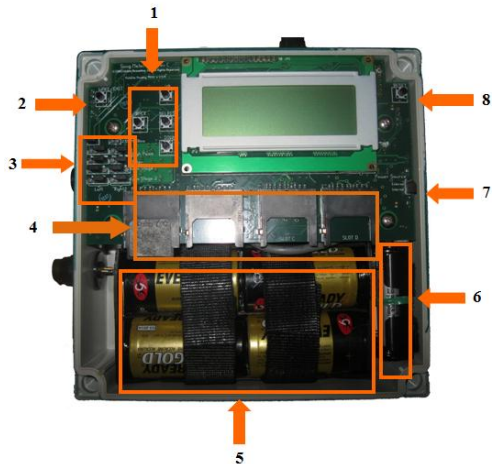
\*De acordo com a revista Biological Conservation.

## Anexos

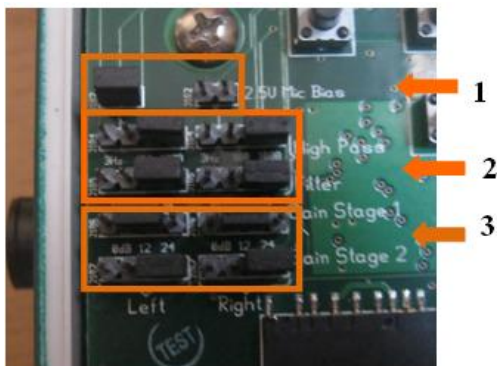
### Anexo I - Configuração dos gravadores: Hardware



- 1 – Entrada para microfone esquerdo
- 2 – Entrada para adaptador de 12V para fonte externa
- 3- Entrada para microfone direito
- 4- Indicador LED
- 5-Entrada para sensor externo



- 1 – Botões de navegação
- 2- Botão *Wake/Exit*
- 3- *Jumpers* de configuração
- 4- Espaço para cartões SD
- 5- Espaço para 4 pilhas D
- 6- Espaço para as 2 pilhas AA do relógio
- 7- Selecção da fonte de energia (externa ou interna)
- 8- Botão de *Reset*



- 1 – BIAS dos microfones (desligado)
- 2- High Pass Filter
- 3- Ganhos (24 dB + 24 dB)

## Anexo I (cont.) – Configuração dos gravadores: Definições

### Schedule

### Settings

Time and date

Location

Prefix FMS1

Latitude 38.06 N

Longitude 8.35 W

Audio

Sample 192000 Hz

Channels Mono-L

Compression WAC0

Gain Left and Right 0.00 dB

Advanced Settings

Dig HPF Left and Right = fs/12

Dig LPF Left and Right = Off

Trg Lvl Left and Right = 18SNR (signal to noise ratio)

Trg Win Left and Right = 1.0 s

Div Ratio = 16

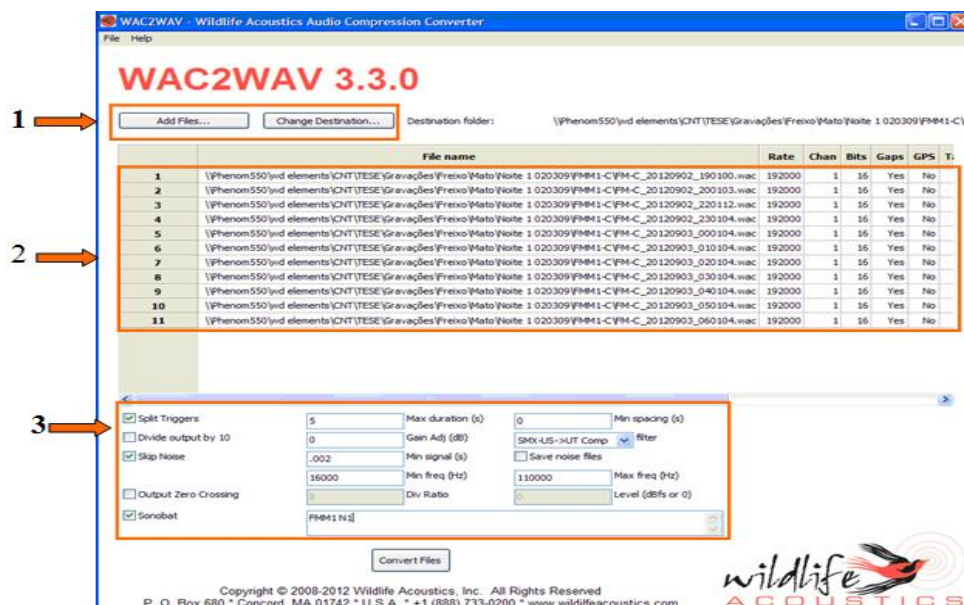
### Utilities

Go to sleep

Load config from A

Save A

## Anexo II – Tratamento dos ficheiros



1 – Selecção dos ficheiros a converter (WAC) e destino dos convertidos (WAV)

2- Ficheiros a converter

3- Definições da conversão



# Anexo III – Tabelas das análises univariadas para cada grupo

<i>Pipistrellus spp.</i>						<i>P. pipistrellus</i>						<i>P. kuhlii</i>						<i>P. pygmaeus</i>					
	B	SE	z value	p value	Correlation of Fixed Effects:		B	SE	z value	p value	Correlation of Fixed Effects:		B	SE	z value	p value	Correlation of Fixed Effects:		B	SE	z value	p value	Correlation of Fixed Effects:
TempMed	0.0	0.0	-1.5	0.13	-1.0		0.0	0.0	0.7	0.47	-0.9		-0.1	0.0	-3.1	0.00	-0.9		0.2	0.0	3.9	8.23E-05	-1.0
Vento	0.0	0.0	-0.1	0.92	-0.9		0.1	0.0	1.6	0.11	-0.7		0.0	0.0	1.0	0.32	-0.9		0.0	0.0	-2.4	0.02	-0.9
Lumin	0.0	0.0	-0.8	0.42	-0.9		0.0	0.0	0.6	0.55	-0.7		0.0	0.0	-0.9	0.37	-0.9		0.0	0.0	1.6	0.11	-0.9
DenArv	-0.1	0.0	-14.4	3.37E-47	-0.4		0.0	0.0	-2.2	0.02	-0.2		-0.1	0.0	-14.3	2.92E-46	-0.3		0.0	0.0	-5.7	1.16E-08	-0.4
AltArv	0.5	0.0	39.1	0	-0.5		0.1	0.0	3.1	0.00	-0.3		0.8	0.0	41.5	0	-0.4		0.2	0.0	11.5	1.26E-30	-0.6
DAP	0.0	0.0	1.0	0.31	-0.4		0.0	0.0	-1.8	0.07	-0.3		0.0	0.0	-9.9	2.55E-23	-0.3		0.0	0.0	11.2	4.02E-29	-0.4
Copa	0.0	0.0	-3.9	7.95E-05	-0.4		0.0	0.0	-1.5	0.13	-0.2		0.0	0.0	-6.0	2.27E-09	-0.2		0.0	0.0	2.5	0.01	-0.5
Copa20	0.0	0.0	-18.3	8.90E-75	-0.3		0.0	0.0	-18.3	8.90E-75	-0.3		0.0	0.0	-24.0	9.77E-128	-0.2		0.0	0.0	0.2	0.85	-0.4
Copa100	0.0	0.0	-19.5	8.56E-85	-0.2		0.0	0.0	-1.1	0.25	-0.2		0.0	0.0	-20.5	1.01E-93	-0.2		0.0	0.0	-5.2	1.78E-07	-0.4
Mato	0.3	0.0	17.5	<2e-16	-0.1		0.6	0.0	11.7	2.00E-16	-0.1		0.4	0.0	15.7	<2e-16	-0.1		0.1	0.0	1.7	0.09	-0.1
DistÁgua	-0.4	0.0	-13.6	2.79E-42	-0.3		0.0	0.1	-0.2	0.81	-0.1		-0.4	0.0	-12.1	1.62E-33	-0.2		-0.7	0.1	-8.4	4.12E-17	-0.3
Relevo	-0.1	0.1	-1.1	0.281	-0.2		0.3	0.1	2.1	0.032	-0.1		-0.9	0.1	-11.6	<2e-16	-0.2		0.6	0.1	8.2	<2e-16	-0.3
Artrópodes	0.9	0.0	23.7	<2e-16	-0.5		-0.5	0.1	-4.6	4.71E-06	-0.1		1.3	0.0	27.8	<2e-16	-0.2		0.1	0.1	1.1	0.27	-0.5

<i>Myotis spp.</i>						<i>Eptesicus spp./N. leisleri</i>						Bats						Riqueza específica					
	B	SE	z value	p value	Correlation of Fixed Effects:		B	SE	z value	p value	Correlation of Fixed Effects:		B	SE	z value	p value	Correlation of Fixed Effects:		B	SE	z value	p value	Correlation of Fixed Effects:
TempMed	0.0	0.1	0.5	0.60	-0.99		-0.1	0.2	-0.6	0.56	-1.00		0.0	0.0	0.8	0.41	-0.94		0.0	0.0	0.8	0.43	-1.00
Vento	-0.1	0.0	-2.1	0.03	-0.78		0.1	0.1	1.1	0.28	-0.93		0.0	0.0	-0.2	0.81	-0.90		0.0	0.0	-0.7	0.47	-0.89
Lumin	0.0	0.0	0.8	0.41	-0.83		0.0	0.0	1.0	0.34	-0.87		0.0	0.0	-1.7	0.09	-0.85		0.0	0.0	-0.2	0.86	-0.85
DenArv	-0.2	0.0	-8.0	9.40E-16	-0.70		-0.1	0.1	-1.7	0.10	-0.86		-0.1	0.0	-24.5	1.45E-132	-0.25		0.0	0.0	-0.5	0.62	-0.97
AltArv	0.5	0.1	9.0	1.54E-19	-0.88		-0.1	0.1	-0.8	0.40	-0.87		0.4	0.0	42.2	0	-0.34		0.0	0.1	0.0	0.98	-0.99
DAP	0.1	0.0	10.1	3.37E-24	-0.65		0.0	0.0	1.1	0.27	-0.79		0.0	0.0	13.9	7.19E-44	-0.27		0.0	0.0	0.0	1.00	-0.97
Copa	0.0	0.0	2.5	0.01	-0.51		0.0	0.0	-1.1	0.28	-0.86		0.0	0.0	-2.6	0.01	-0.30		0.0	0.0	-0.1	0.94	-0.98
Copa20	0.0	0.0	-6.8	1.40E-11	-0.47		0.0	0.0	-1.9	0.06	-0.85		0.0	0.0	-20.7	1.38E-95	-0.25		0.0	0.0	0.1	0.95	-0.96
Copa100	0.0	0.0	-7.9	3.45E-15	-0.42		0.0	0.0	-1.2	0.24	-0.78		0.0	0.0	-21.4	3.80E-101	-0.22		0.0	0.0	0.1	0.89	-0.95
Mato	-1.3	0.1	-8.4	2.00E-16	-0.15		0.6	0.3	2.0	0.04	-0.40		0.3	0.0	24.1	<2e-16	-0.08		0.1	0.1	0.5	0.64	-0.79
DistÁgua	-0.4	0.2	-1.7	0.09	-0.52		2.4	0.5	4.5	5.45E-06	-0.70		-0.4	0.0	-16.3	1.67E-59	-0.17		0.2	0.1	1.2	0.25	-0.92
Relevo	2.2	0.3	6.4	2.01E-10	-0.32		1.4	0.7	2.0	0.05	-0.66		0.2	0.0	5.1	4.21E-07	-0.16		0.1	0.1	1.1	0.28	-0.76
Artrópodes	-0.5	0.3	-1.4	0.17	-0.62		2.8	0.7	4.1	4.05E-05	-0.72		0.7	0.0	22.9	<2e-16	-0.26		-0.1	0.1	-0.5	0.59	-0.87